T.C.
MİLLÎ EĞİTİM BAKANLIĞI

ENDÜSTRİYEL OTOMASYON TEKNOLOJİLERİ

CNC FREZENİN PROGRAMLANMASI

Ankara, 2015

- Bu modül, mesleki ve teknik eğitim okul/kurumlarında uygulanan Çerçeve Öğretim Programlarında yer alan yeterlikleri kazandırmaya yönelik olarak öğrencilere rehberlik etmek amacıyla hazırlanmış bireysel öğrenme materyalidir.
- Millî Eğitim Bakanlığınca ücretsiz olarak verilmiştir.
- PARA İLE SATILMAZ.

İÇİNDEKİLER

AÇIKLAMALAR ii
GİRİŞ 1
ÖĞRENME FAALİYETİ -1 2
1.CNC FREZENİN TANITIMI 2
1.1. CNC nin Tanımı 2
1.2. CNC Tezgâhlarının Kısımları 3
1.2.1. Bilgisayarlı Kontrol Ünitesi 3
1.2.2. Eksen Motorları ve Hareket Üniteleri 4
1.2.3. İş Mili Motor Ünitesi (Spindle) 5
1.2.4. Takım Magazini 6
1.2.5. Gövde 7
1.3. CNC lerle Üniversal Tezgâhların Karşılaştırılması 7
1.4. İdeal CNC Tezgâh Seçimi 8
1.5. Koordinat Sistemleri 9
1.6. Tezgâh Sıfır Noktası 12
1.7. İş Parçası Sıfır Noktası 12
UYGULAMA FAALİYETİ 13
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 15
ÖĞRENME FAALİYETİ-2 17
2. CNC FREZE İLE ÜRETİM 17
2.1. Programlamaya Giriş 17
2.1.1. Programın Yapısı 18
2.2. G ve M Kodları 21
2.2.1. Program Adı Verme 21
2.2.2. Başlangıç Bölümü ve Komutları 22
2.2.3. Devir Sayısı Ve İlerleme Hızı 23
2.2.4. Ana Program Bölümü ve Komutları 24
2.2.5. Program Sonu Bölümü ve Komutları 35
2.3. Takım Kaydı ve Takım Değiştirme Komutları 35
2.4. Macro Programlama 36
2.5. Tezgâh Üzerinde İmalat İşlemleri 40
2.6. CNC Tezgâhlarının Bakımı 42
UYGULAMA FAALİYETİ 46
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME 49
MODÜL DEĞERLENDİRME 51
CEVAP ANAHTARLARI 53
KAYNAKLAR 54

AÇIKLAMALAR

ALAN	**Endüstriyel Otomasyon Teknolojileri**
DAL/MESLEK	**Mekatronik Dalı**
MODÜLÜN ADI	**CNC Frezenin Programlanması**
MODÜLÜN TANIMI	CNC freze kullanarak kurallara uygun olarak iş parçası üretim becerisinin kazandırıldığı öğrenme materyalidir.
SÜRE	40/32
YETERLİK	CNC Frezeyi kullanmak
MODÜLÜN AMACI	**Genel Amaç:** Gerekli ortam sağlandığında CNC freze kullanarak kurallara uygun olarak iş parçası üretebileceksiniz. **Amaçlar**: ➢ CNC freze tezgâhını tanıyabileceksiniz. ➢ CNC frezede iş parçası üretebileceksiniz.
EĞİTİM ÖĞRETİM ORTAMLARI VE DONANIMLARI	**Donanım:** Mekanik atölye takım tezgâhları, CNC Freze tezgâhı, eğe, gönye, çekiç, pense, tornavida, mengene, kumpas, markacı boyası, çizecek, pergel, nokta, açı gönyesi, mihengir, pleyt, çelik cetvel **Ortam:** Mekanik atölye, CNC laboratuvarı
ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME	Modülün içinde yer alan, her faaliyetten sonra verilen ölçme araçları ile kazandığınız bilgileri ölçerek kendi kendinizi değerlendireceksiniz. Öğretmen, modülün sonunda, size ölçme aracı (test, çoktan seçmeli, doğru yanlış, vb.) kullanarak modül uygulamaları ile kazandığınız bilgi ve becerileri ölçerek değerlendirecektir.

GİRİŞ

Sevgili Öğrenci,

Bu modülde, CNC freze tezgâhının kısımlarını tanıyıp, G ve M kodları ile program yazarak resimleri verilen iş parçalarını üreteceksiniz.

Bu modül iki öğrenme faaliyetinden oluşmaktadır:
1-CNC Frezenin Tanıtımı
2-CNC Freze ile Üretim

Öğrenme faaliyetlerinde konu, teorik bilgiden daha çok örnekler üzerinde anlatılmıştır. Üretim esnasında çıkabilecek gerçek örnekler, problem çözümünde kullanılmıştır.

ÖĞRENME FAALİYETİ -1

AMAÇ

CNC freze kontrolünde kullanılan koordinat sistemlerini, iş parçası sıfır noktasını ve makine sıfır noktasını tanıyabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

- Sevgili öğrenci, koordinat sistemleri ile ilgili araştırma yapınız.

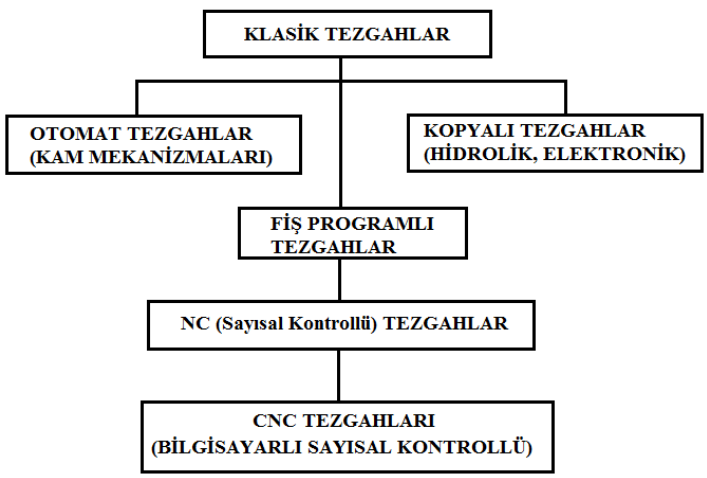
1.CNC FREZENİN TANITIMI

CNC Freze tezgâhları, bilgisayar aracı ile kontrol edilen tezgâhlardır.

1.1. CNC nin Tanımı

CNC kelimesinin tam karşılığı, Computer Numeric Control yani bilgisayar ile sayısal kontroldür. Sayısal kontrol demek milimetre veya inç cinsinden verilen ölçülerin, hareketlerin ve sayılarla kodlanmış komutların kontrolü anlamına gelir.

İlk tezgâhlarda kullanılan radyo lambaları, röleler, transistörler daha sonra yerlerini entegrelere bırakarak mini bilgisayarlar ile kontrol edilen bugünkü CNC tezgâhların üretimi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1.1: CNC tezgâhlarının gelişim süreci

CNC takım tezgâhlarının tamamının sağladığı en önemli ve birincil fayda, otomasyona imkân tanımasıdır. CNC tezgâhların kullanılması suretiyle iş parçalarının imalatı esnasında operatörün müdahalesi en aza indirilmekte veya tamamı ile ortadan kaldırılmaktadır. Çoğu CNC takım tezgâhları parça islemesi esnasında dışarıdan bir müdahale olmadan çalışabilmekte, böylece operatörün yapacağı diğer işler için zaman bulmasına imkân tanınmaktadır. Bu, CNC tezgâh sahibine operatör hatalarının azaltılması, insan hatasından kaynaklanan hataların en aza indirilmesi, işleme zamanının önceden ve tam olarak tespit edilebilmesi gibi faydalar sağlar. Makine program kontrolü altında çalışıyor olacağından, konvansiyonel takım tezgâhında aynı parçaları imal eden bir usta ile kıyaslandığında, CNC operatörün temel isleme tecrübesi ile ilgili olan beceri seviyesi oldukça azaltılmaktadır. CNC teknolojisinin ikinci temel faydası, iş parçalarının hassas ve devamlı aynı ölçüde çıkmasıdır. Günümüzün CNC takım tezgâhları inanılması güç olan tekrarlama ve pozisyonlama hassasiyeti değerlerine sahiptir. Bu ise program kontrol edildikten sonra iki, on veya bin adet iş parçasının da aynı hassasiyet ve ölçü tamlığında elde edilebilmesini sağlamaktadır.

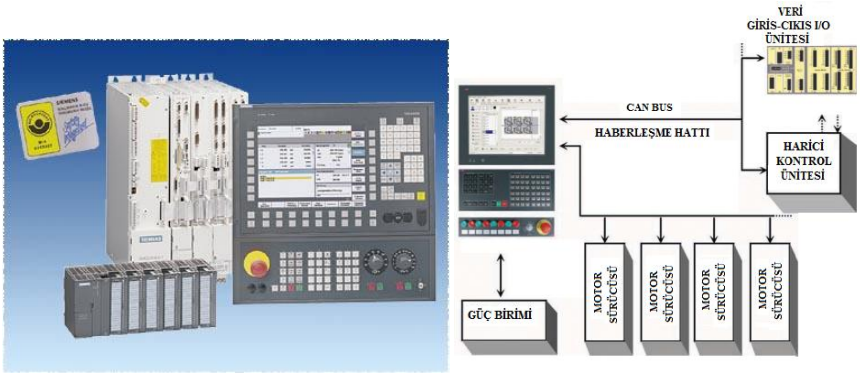
CNC takım tezgâhlarının büyük bir bölümünde sunulan üçüncü önemli fayda ise, esnekliktir. Bu makineler program vasıtasıyla çalıştığından dolayı, bir başka iş parçasının işlemeye alınıp elde edilmesi diğer makinelere oranla kıyaslanamayacak kadar bir hızda yerine getirilmektedir. Bir parça programı test edilip, işlemeye geçildikten sonra başka bir program ile parça işlenip yine eski programa dönmek gerektiği durumda, program kayıtlı olduğundan dolayı geçiş işlemi sadece bağlama aparatının hazırlanmasından başka bir şey olmamaktadır. Bu sonuçta parçadan parçaya geçiş süresinin en hızlı zamanda olması gibi bir başka faydayı da temin eder. Bu makinelerde hazırlık işlemi ve işleme operasyonuna geçiş zamanı çok kolay olduğundan ve programlar kolaylıkla yüklenebildiğinden dolayı, parça işleme hazırlık zamanının çok kısa olması sağlanmaktadır.

1.2. CNC Tezgâhlarının Kısımları

CNC tezgâhları aşağıda ayrı ayrı inceleceğimiz temel kısımlardan oluşmaktadır.

1.2.1. Bilgisayarlı Kontrol Ünitesi

Bu ünite, ekran tuş takımı, ana işlem kartı(CPU), eksen kartları ve diğer birçok elektronik devre elemanlarından oluşur. Program olarak hazırlanan işlemler ve işlem sıraları, bilgisayarın anlayabileceği lisanda hafızasına aktarılır. Kumanda ünitesi tezgâhın özelliklerine göre hafızasına yüklenmiş bilgiler doğrultusunda, iş mili motoruna, eksen motorlarına, takım magazine ve yardımcı fonksiyon elemanlarına kumanda eder. Bunların istenilen şekilde hareket etmesini, çalışmasını veya durmasını sağlar. Ayrıca tüm fonksiyonların, tüm elektronik elemanların doğru çalışıp çalışmadığını, yapılması istenen hareketlerin, konumların doğru olup olmadığını daima kontrol eder. Programda istenilen matematiksel hesaplamaları yaparak bütünlüğü sağlar.

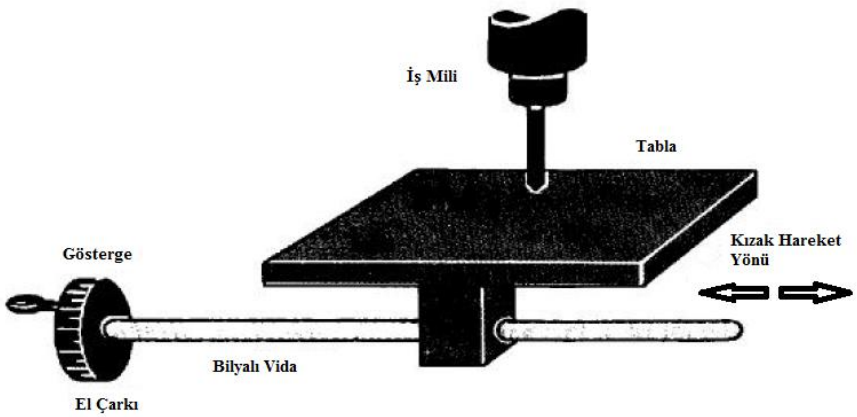


Şekil 1.2: Kontrol ünitesi

1.2.2. Eksen Motorları ve Hareket Üniteleri

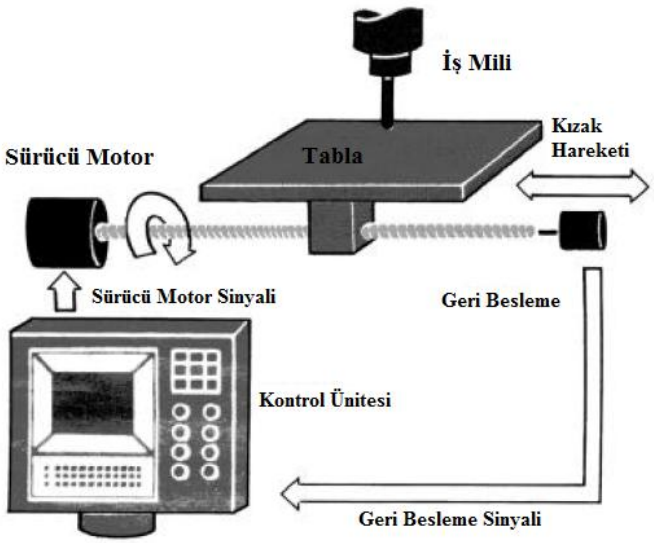
CNC tezgâhlarda kullanılan en yaygın eksen tipleri lineer belirli bir doğru boyunca tahrik hareket verme edilen ve döner dairesel bir yay boyunca tahrik edilen eksenler şeklindedir.

Konvansiyonel takım tezgâhında bir mekanizmayı elle döndürmek suretiyle kızak eksenlerine hareket vermek yerine, CNC tezgâhlarda hareket, eksenlere bağlı olan bir servo motorun CNC kontrol sistemi tarafından programda belirtilen hareket miktarı kadar döndürülmesi suretiyle elde edilmektedir. Genel olarak konuşursak, aşağı yukarı tüm CNC takım tezgâhlarında hareket tipi hızlı hareket, lineer hareket ve dairesel hareket, hareket ettirilecek eksen, hareket miktarı ve hareket hızı (Feedrate) programlanabilir değerlerdir. Burada programlanabilir demekle, bu terimlerin CNC tezgâhlarda tek tek belirtilebileceği ifade edilmektedir. Aşağıda konvansiyonel bir takım tezgâhında tabla hareketinin nasıl yerine getirildiği gösterilmektedir.



Şekil 1.3: Konvansiyonel tezgahlarda hareket

Konvansiyonel bir makina kızağı, el çarkını döndüren operatör tarafından hareket ettirilir. Kızağın hassas pozisyonlandırılması operatörün tur sayısını sayması ile elde edilen değere göstergede gösterilen skalanın eklenmesi ile yerine getirilir. Kontrol sisteminde icra edilen CNC komutu yaygın olarak program vasıtasıyla sürücü motora hassas olarak kaç artım yapılacağını belirtir. Sürücü motorun dönmesi sonuçta bilyeli vidayı döndürür, bilyeli vidanın dönmesi ile lineer eksen tahrik hareket ettirilir. Bilyeli vidanın diğer ucunda bulunan bir geri besleme cihazı (Enkoder) kontrol sistemine komut olarak verilen artım sayısına ulaşılıp ulaşılmadığını bildirir.

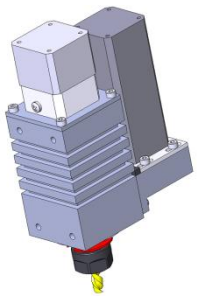


Şekil 1.4: CNC tezgâhında hareket

1.2.3. İş Mili Motor Ünitesi (Spindle)

İş üzerinden talaş kaldırmada kullanılan kesici takımların bağlandığı kısımdır. Kontrol ünitesinden gelen sayısal verilere göre hareket eder. Bunlar takımın dönme yönü(G02 CW, G03 CCW) devir sayısı(S 3250) ve dönme miktarını belirleyen sayısal verilerdir.

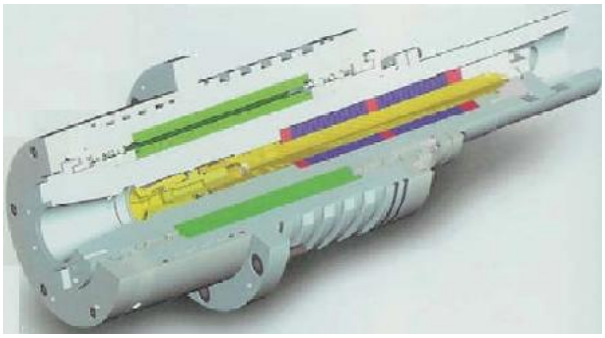
Tezgâh millerine hareket veren motorlar AC (alternatif akım) ve DC (doğru akım) şeklinde tahrik edilirler ancak günümüzdeki tezgâhların çoğunda DC motorlar kullanılmaktadır. Bunun nedeni devir kontrolünün voltaj girişinin değiştirilerek ayarlanabilmesi ve sabit bir kesme hızı sağlanabilmesidir. Fener milinin bir CNC freze tezgâhındaki montajlı yerleşimi şekilde verilmektedir.



Şekil 1.5: İş mili (Spindle)

CNC frezelerde kesicinin dönme hareketini sağlayan parçasına fener mili denir. Fener mili üzerinde kayış ve kasnak sistemleri, soğutucu üniteleri ve elektrik motoru bulunur.

Tezgâh fener mili çok önemli tasarım özelliği taşır. Fener milinin eğilme ve burulmaya karşı dayanıklı olması ve ekseni boyunca etki eden tüm eksensel kuvvetlere dayanacak sağlamlıkta olması gerekir. Bu nedenle fener mili çok iyi yataklanmalı ve titreşimi absorbe edecek (kaybedecek) özellikte tasarlanıp montajı yapılmalıdır. Yeterli olmayan destek yalnızca boyutsal hatalara değil, aynı zamanda kötü yüzey kalitesi ve titreşimlere neden olur.



Şekil 1.6: Fener mili

1.2.4. Takım Magazini

CNC tezgâhlarında birden fazla kesici takım kullanılır. Bu kesiciler, magazin olarak adlandırılan bir takımlıkta bulunur ve programda yer alan sıraya göre buradan değiştirilerek iş parçasından talaş kaldırırlar. Bu takımlık torna tezgâhlarında taret olarak adlandırılır.

Şekil 1.7: Takım magazini

Takım magazini tezgâhın yapısına göre hidrolik, pnömatik ya da servo motor tahrikiyle çalışır. Magazin dönerek pozisyona gelmesini sağlayan komutu kontrol ünitesinden alır. Bu ünite takımın bağlandığı istasyonun pozisyona gelip gelmediğini de denetler.

1.2.5. Gövde

CNC tezgâhlarda gövde firmaların tasarımına, tezgâhın özelliklerine göre değişir.

Gövde şu ana gruplar altında incelenebilir:

- Döküm ana taşıyıcı blok ve kızaklar
- Kumanda ünitesinin bulunduğu sac kısım ve pano
- Ekran ve tuş takımının bulunduğu panel (Operatör Paneli)
- Dış kaporta ve kapı

Tezgâhlarda en önemli konu, tezgâhın talaş kaldırma gücüne bağlı olarak taşıyıcı tezgâh bloğunun sabit olması, yani ağırlığının tam ve dengeli olmasıdır.

1.3. CNC lerle Üniversal Tezgâhların Karşılaştırılması

Aşağıda CNC takım tezgâhları ile Üniversal takım tezgâhlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

- **CNC takım tezgâhlarının avantajları**

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgâh ve sistemlerinin avantajları vardır bu avantajlar şunlardır:

1. Konvansiyonel tezgâhlarda kullanılan bazı bağlama kalıp, mastar vb. elemanlarla kıyaslandığı zaman tezgâhın ayarlama zamanı çok kısadır.

2. Ayarlama, ölçü, kontrolü, manuel hareket vb. nedenlerle oluşan zaman kayıpları ortadan kalkmıştır.
3. İnsan faktörünün imalatta fazla etkili olmamasından dolayı seri ve hassas imalat mümkündür.
4. Kalifiye insan ihtiyacına gerek yoktur.
5. Tezgâh operasyonları yüksek bir hassasiyete sahiptir.
6. Tezgâhın çalışma temposu her zaman yüksek ve aynıdır.
7. Her türlü sarfiyat (elektrik, emek, malzeme vb.) asgariye indirgenmiştir.
8. İmalatta operatörden kaynaklanacak her türlü kişisel hatalar ortadan kalkmıştır.
9. Kalıp, mastar, şablon vb. pahalı elemanlardan faydalanılmadığı için sistem daha ucuzdur.
10. Depolamada daha az yere gerek vardır.
11. Parça imalatına geçiş daha süratlidir.
12. Parça üzerinde yapılacak değişiklikler sadece programın ilgili bölümünde ve tamamı değiştirilmeden seri olarak yapılır. Bu nedenle CNC takım tezgâhlarıyla yapılan imalat büyük bir esnekliğe sahiptir

- **CNC takım tezgâhlarının dezavantajları**

Her sistemde olduğu gibi CNC tezgâh ve sistemlerinin avantajları yanında bazı dezavantajları mevcuttur. Bu dezavantajlar şunlardır:

1. Detaylı bir imalat planı gereklidir.
2. Pahalı bir yatırımı gerektirir.
3. Tezgâhın saat ücreti yüksektir.
4. Konvansiyonel tezgâhlara kıyaslandığında daha titiz kullanım ve bakım isterler.
5. Kesme hızları yüksek ve kaliteli kesicilerin kullanılması gerekir.
6. Periyodik bakımları uzman ve yetkili kişiler tarafından düzenli olarak yapılmalıdır.

1.4. İdeal CNC Tezgâh Seçimi

İdeal CNC seçiminin yapılması ile yatırımcı elindeki mali kaynaklarının düşündüğü üretim için en verimli şekilde kullanmış olacaktır. Böylece yapılan yatırımlar imkânları doğacaktır.

- **İdeal CNC tezgâh seçimi için göz önüne alınması gereken hususlar şu şekildedir:**

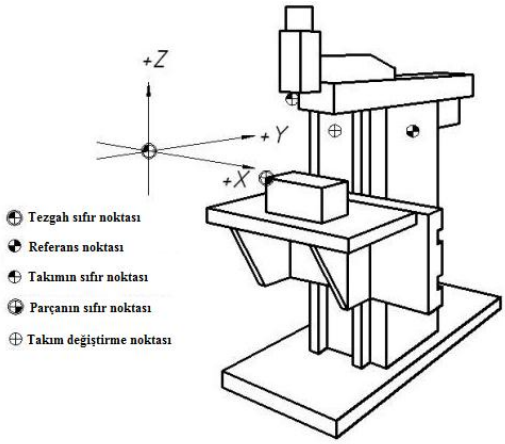
1. Üretilmesi düşünülen parçaların çeşitliliği, üretim sayıları, istenilen hassasiyet ve üretim zamanları dikkate alınmalıdır. CNC Tezgâhlar yukarıda bahsedildiği gibi orta kapasiteli operasyon adedi az ve üretim sayısı çok fazla olan parçaların üretimde klasik tezgâhlar, özel tezgâhlar ya da transfer tezgâhlarla arasında imalat süresi fark olmaz. Hatta bazı parçalarda CNC tezgâhlar üretim süresi bakımdan daha yavaş kalabilir.

CNC tezgâhların en büyük özelliği, klasik tezgâhlarda el yeteneği ve dikkat isteyen ayar zamanı yüksek operasyon adedi fazla olan parçaların imalatında kullanılmasıdır.

2. CNC tezgâhlar özellikleri kapasiteleri bakımından çok çeşitlidir. Bu nedenle her türlü parçanın işlenmesi için mutlaka bir CNC tezgâh vardır. Ancak tezgâh seçiminde önemli olan tezgâha uygun olan parçaların imalatını düşünmek yani seçilecek tezgâh da birçok parçanın işlenebilir olmasıdır.
3. CNC tezgâhların kalitesi ve bu kalitenin devamlılık süresi yani kısacası tezgâhın ömrü çok önemlidir. Tezgâhın ömrü içerisinde yapılan üretimlerin katkısıyla tezgâh kendisini amorti ettiği gibi yeni yatırımlara da olanak sağlamalıdır.
4. Tezgâhın teknolojik ömrünün uzun olması yani yüksek teknolojiyi içermesi ya da yapılacak ilavelerle bu teknolojiyi yakalaması mümkün olmalıdır.
5. Tezgâh seçiminde satıcı firmanın eğitim, teknik, arıza ve bakım servisi desteği ve yedek parça temin imkânı da dikkate alınmalıdır.
6. Tezgâhta üretimi düşünülen parçaların, alımda önce zaman etüdlerinin(imalat sürelerinin tespiti) yapılması da parça maliyet analizlerinin yatırım maliyetine oranının belirlenmesinde faydalı olacaktır.
7. Tezgâh seçiminde üretimi yapılacak parçalara göre ve operasyon kolaylığı sağlayacak teçhizat ve özel aksesuarların tespiti de çok önemlidir.

1.5. Koordinat Sistemleri

CNC tezgâh ve sistemlerde takım yolları bir koordinat sistemi referans alınarak matematiksel bağıntılarla ifade edilir. Bu nedenle gerek programlamada gerekse tezgâhların çalışmasında koordinat sistemi önemli yer tutar. Koordinat sistemi tek bir düzlemi ifade eden iki eksenli veya üç düzlemi gösteren üç eksenli olabilir. İki eksenli koordinat sisteminin eksenleri x,y ; y,z veya x,z üç eksenli sisteminin eksenleri x, y, z şeklinde ifade edilir. CNC sistemlerde koordinat sisteminin orijinine sıfır noktası denir. Bunun yanı sıra iki düzlemde nokta konumunu uzunluk ve açı ile veren polar, üç boyutlu sistemlerde silindirik ve küresel koordinat sistemleri kullanılır.

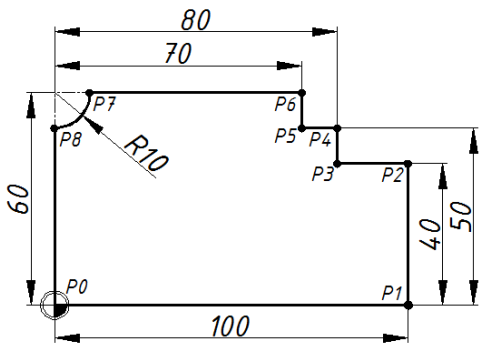


Şekil 1.8: Freze tezgâhlarının sıfır noktaları

CNC tezgâh ve sistemlerde; tezgâh, parça ve takım olmak üzere üç ayrı koordinat sistemleri vardır. Bu koordinat sistemlerinin orijinlerine, tezgâha ait olanına tezgâh sıfır noktası, parçaya ait olanına parça sıfır veya program referans noktası, takıma ait olanına takım sıfır noktası denilir. Bu noktaların yanı sıra genellikle parçadan en uzak noktada bulunan takım değiştirme noktası ve genel bir referans noktası bulunur. Bu son noktalar sadece nokta olup esasen belirli bir koordinat sisteminin orijinini temsil etmezler. Birçok sistemde referans noktası ile takım değiştirme noktası aynı noktadır.

- **G90- mutlak koordinat (Absolute)**

Mutlak programlama yönteminde iş parçası üzerinde herhangi bir nokta orijin yani referans noktası alınır. Her bir pozisyonun hareketi için bu referans noktasına göre koordinatları girilir. CNC Freze tezgâhlarında tornalarda olduğu gibi mutlak programlama yapılırken X, Y ve Z koordinatlarını tek başlarına kullanmak yetmez. Bu koordinatların mutlak olduğunu tezgâha bildirmek için programlarda önce G90 kodunu kullanmamız gerekir. G90 kodundan sonra girilecek olan tüm X, Y ve Z koordinat ölçüleri mutlak olarak tezgâh tarafından algılanacaktır. Mutlak programlamada ölçüler bir referans noktasına göre verilir. Referans noktası genelde parçanın sol alt köşesi kabul edilir, simetrik parçalarda da bazen parçanın orta noktası referans noktası olarak kullanılır.

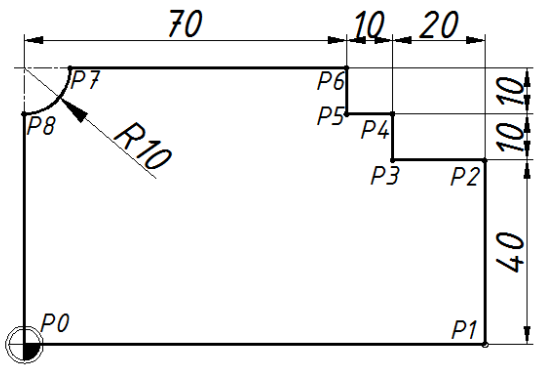


Şekil 1.9: Örnek koordinat uygulaması

1 numaralı yerin koordinatı: (X100,Y0)
2 numaralı yerin koordinatı: (X100,Y40)
3 numaralı yerin koordinatı: (X80,Y40)
4 numaralı yerin koordinatı: (X80,Y50)
5 numaralı yerin koordinatı: (X70,Y50)
6 numaralı yerin koordinatı: (X70,Y60)
7 numaralı yerin koordinatı: (X10,Y60)
8 numaralı yerin koordinatı : (X0, Y50)

- **G91- eklemeli koordinat (Incremental)**

Artışlı programlama yönteminde ise referans noktası takımın o anda bulunduğu noktadır. Yani en son bulunduğu koordinat neresi ise orası referans kabul edilir ve koordinat değerleri buna göre verilir. Böylece tek bir orijin ortadan kalkar. Orijin sürekli değişken olmuş oluyor. CNC Freze tezgâhlarında tornalarda olduğu gibi eklemeli (artışlı) programlama yapılırken U ve W kullanılmaz bunun yerine eklemeli koordinat kullanmak için önce G91 kodu kullanılır ve G91 kodundan sonra girilecek olan tüm X, Y ve Z koordinat ölçüleri eklemeli (artışlı) olarak tezgâh tarafından algılanacaktır.



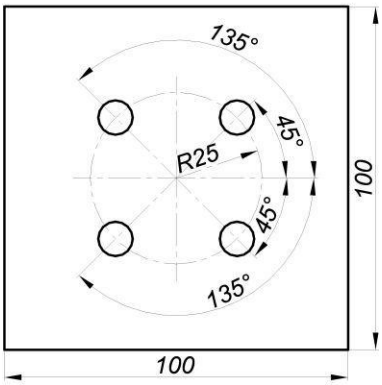
Şekil 1.10: Örnek koordinat uygulaması

1 numaralı yerin koordinatı: (X100,Y0)
2 numaralı yerin koordinatı: (X0,Y40)
3 numaralı yerin koordinatı: (X-20,Y0)
4 numaralı yerin koordinatı: (X0,Y10)
5 numaralı yerin koordinatı: (X-10,Y0)
6 numaralı yerin koordinatı: (X0,Y10)
7 numaralı yerin koordinatı: (X-60,Y0)
8 numaralı yerin koordinatı : (X-10, Y-10)

- **G16- açısal koordinat**

Açısal koordinat komutlarından G16 kullanıldıktan sonra kullanılan X yarıçap Y açı olarak algılanır. G15 kullanıldıktan sonra açısal koordinat iptal edilmiş ve kutup koordinat sistemine geçilmiş olur. Aşağıdaki örnekte bir merkez etrafına belirtilen açılarda delikler

delmek için G16 kodunun örneği verilmiştir. G16 açısal koordinat sadece delik delmede değil her türlü işlemde kullanılabilir.



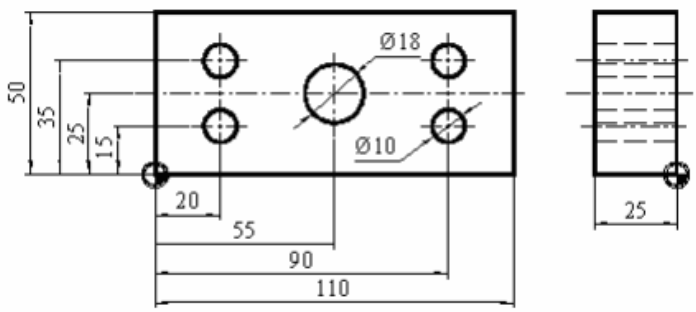
Şekil 1.11: Örnek koordinat uygulaması

1.6. Tezgâh Sıfır Noktası

CNC frezede tezgâh sıfır noktası, Z ekseninde tezgâh tablasının yüzeyinde, X ve Y ekseninde ise tezgâh tablasının sol alt köşesidir. Sembol olarak M harfi ile gösterilir. Yine tezgâh başlangıç sıfır noktası ise Z ekseninde tezgâh tablasından maksimum yükseklikte, X ve Y eksenlerinde ise tezgâh tablasının sol alt köşesinde olup sembol olarak R harfi ile gösterilir.

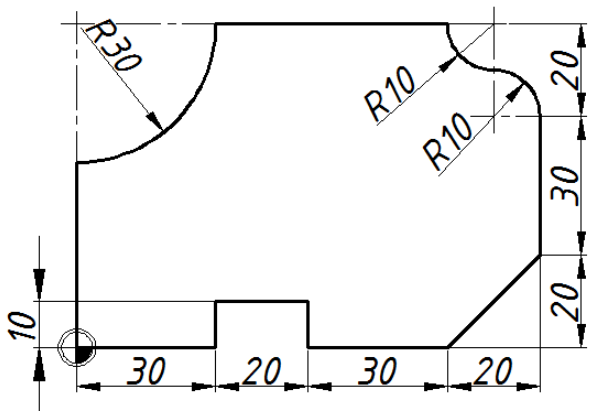
1.7. İş Parçası Sıfır Noktası

İş parçasını işleyebilmek için parça üzerinde önceden belirlenen bir nokta referans noktası olarak seçilir ve koordinatlar da bu noktaya göre verilir. Bu orijin noktası CNC'lerde yaygın olarak program sıfır noktası olarak adlandırılır. Aynı zamanda iş parçası sıfır noktası, iş parçası sıfırı veya program orijini olarak da adlandırılır, simgesi ile gösterilir. Aşağıda ön görünüşte ve sol yan görünüşte parçanın referans noktası işaretlenmiştir. Referans noktası olarak parça üzerindeki herhangi bir nokta seçilebilir. Ancak ayarlaması daha kolay olması nedeni ile genellikle parçanın köşe noktaları seçilir.



Şekil 1.12: İş parçası sıfır noktası

UYGULAMA FAALİYETİ



Yukarıda ölçüleri verilen resimde tezgâhın hareket noktalarını bularak numaralandırınız. Aşağıdaki tabloya mutlak ve eklemeli koordinatlarını yazınız.

Nokta	Mutlak		Eklemeli	
	X	Y	X	Y
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				

İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Resmi dikkatlice inceleyerek koordinat noktalarını belirleyiniz. ➢ Koordinat noktalarını numaralandırınız.	➢ Koordinatları yazarken önce X sonra Y koordinatı sırası ile yazınız.

UYGULAMALI TEST

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına **(X)** işareti koyarak kontrol ediniz.

Ölçme Değerlendirme		Evet	Hayır
1.	CNC'nin hangi kelimelerden türediğini öğrendiniz mi?		
2.	CNC freze tezgâhının kısımlarını öğrendiniz mi?		
3.	CNC tezgâhların olumlu yönlerini kavradınız mı?		
4.	Mutlak koordinat sistemini kavradınız mı?		
5.	Arttırmalı koordinat sistemini kavradınız mı?		
6.	Makine sıfır noktasını kavradınız mı?		
7.	İş parçası sıfır noktasını kavradınız mı?		
8.	Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
9.	Süreyi iyi kullandınız mı?		

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.
Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. CNC kelimesinin tam karşılığı aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Calculate Numeric Control(Hesaplamalı Sayısal Kontrol)
   B) Celcius Numeric Control(Dereceli Sayısal Kontrol)
   C) Computer Numeric Control(Bilgisayarlı Sayısal Kontrol)
   D) Carrier Numeric Control(Taşımalı Sayısal Kontrol)

2. Enkoderin görevi aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Kontrol sistemine komut olarak verilen artım sayısına ulaşılıp ulaşılmadığını bildirir.
   B) Kontrol sisteminden mesafe bilgisini alır.
   C) Servo motorları sürer.
   D) Takımların offset bilgilerini kaydeder.

3. CNC tezgâh ve sistemlerde tezgâh, ……. ve takım olmak üzere üç ayrı koordinat sistemleri vardır.
   Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız?
   A) Parça
   B) Tabla
   C) Gövde
   D) Hareket

4. CNC frezelerde kesicinin dönme hareketini sağlayan parçasına fener mili motorudur. Yukarıdaki ifade aşağıdakilerden hangisinin tanımıdır?
   A) Vidalı mil
   B) İş mili(Spindle)
   C) Kavrama mili
   D) Krank mili

5. Günümüzdeki tezgâhlarda DC motorlar kullanılmasının nedeni aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Kesme kontrolünün voltaj çıkışının sabitleyerek sabit bir kesme hızı sağlanabilmesidir.
   B) Kesme kontrolünün voltaj çıkışının değiştirilerek ayarlanabilmesi ve sabit bir kesme hızı sağlanabilmesidir.
   C) Devir kontrolünün voltaj girişinin sabitleyerek sabit bir kesme hızı sağlanabilmesidir.
   D) Devir kontrolünün voltaj girişinin değiştirilerek ayarlanabilmesi ve sabit bir kesme hızı sağlanabilmesidir.

6. CNC tezgâhlarında birden fazla kesici takım kullanılır. Bu kesiciler, …….. olarak adlandırılan bir takımlıkta bulunur. Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.
A) Sabit Punta
B) Gezer Punta
C) Magazin
D) Döner Tabla

7. CNC sistemlerde koordinat sisteminin orijinine ……. denir.
Aşağıdaki cümleleri dikkatlice okuyarak boş bırakılan yerlere doğru sözcüğü yazınız.
A) Sıfır noktası
B) İmalat noktası
C) Yaklaşım noktası
D) Duma noktası

8. simgesi aşağıdakilerden hangisini ifade eder?
A) Tezgâh sıfır noktasını
B) İş parçası bitiş noktasını
C) Takım sıfır noktasını
D) İş parçası sıfır noktasını

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki öğrenme faaliyetine geçiniz.

ÖĞRENME FAALİYETİ-2

AMAÇ

Standartlara uygun olarak CNC freze tezgâhında üretim yapabileceksiniz.

ARAŞTIRMA

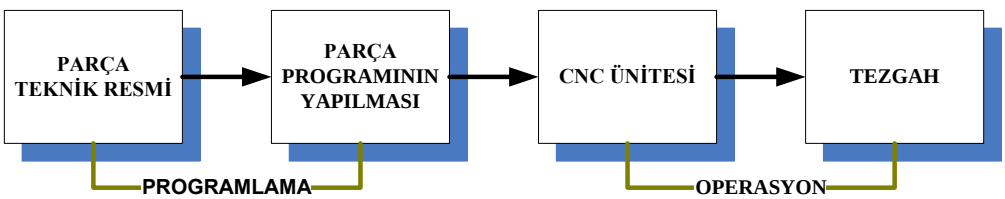
- Bu öğrenme faaliyetinden önce CNC frezelerin çalışmalarını gösteren videoları görsel iletim araçlarını kullanarak temin ediniz ve bunları izleyiniz.

2. CNC FREZE İLE ÜRETİM

CNC tezgâhlarda üretim yapabilmek için temel talaş kaldırma tekniklerinin bilinmesinin yanında programlama bilgisine sahip olunması gerekmektedir. İyi bir CNC operatörü aynı zamanda iyi bir mekanik işlemler operatörüdür.

2.1. Programlamaya Giriş

CNC tezgâhı kullanarak parça islemek için parçanın NC programını yapmak ve bu programdaki komutlara göre tezgâhı çalıştırmak gereklidir.



Şekil 2.1: İş akışı

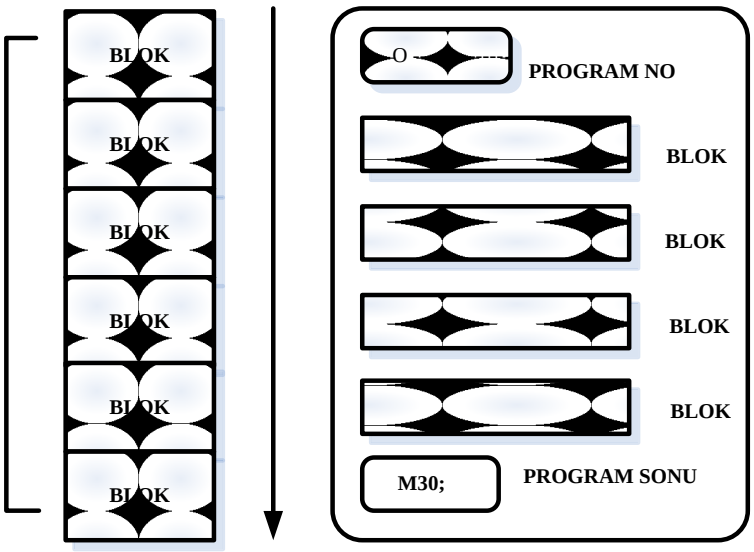
İş akışı:

1. Parçanın teknik resmi tezgâh koordinatlarına göre hazırlanır.
2. Parçanın teknik resmine göre operasyon planı yapılır.
3. Operasyon planı ve resme göre parça programı yazılır. Program delikli şerit, kaset veya diskete kaydedilir. Bunların olmadığı durumda yazılan kâğıtta kalır.
4. Program direk kablo bağlantısı ya da elle tuşlayarak tezgâhın kontrol ünitesinin hafızasına aktarılır.
5. İş parçası ve takımlar tezgâh bağlanır.
6. İş parçası ve takımların ölçümleri yapılır.

Programdaki komutlara göre tezgâh çalıştırılır ve parça işlenir.

2.1.1. Programın Yapısı

Tezgâhı çalıştırmak için CNC üniteye verilen komutlara program denir. Programda verilen komutların sırasına göre takımlar hareket eder, yardımcı fonksiyonlar çalışır. Bir işlemi yapmak için verilen komutlar dizisine blok denir.



Şekil 2.2: Program yapısı

Yukarıda görüldüğü gibi programların başında program numarası bulunmaktadır. Program numarası 0 harfi ile 4 rakamlı bir sayıdan meydana gelmiştir ve bu numaralar programların birbirinden ayırt edilmesine yarar. Her programın sonunda ise program sonu komutu olan M30 veya M02 bulunur.

Hafızaya yüklenebilecek program sayısı kullanılan kumanda ünitesine ve hafızanın kapasitesine bağlıdır.

NC tezgâh ve sistemlerde programlama ASCII kod esasına göre oluşturulan ISO, EIA ve DIN gibi aynı içerikli kod sistemine dayanmaktadır. Bununla beraber NC sistemleri için kontrol ünitelerini üreten firmalar arasında yani kontrol sistemleri arasında bazı farklılıklar vardır.

ISO kod sistemine dayanan bir program;

- Programın adını temsil eden program numarası,
- Programı oluşturan ve satır şeklinde yazılan bloklar,
- Blokları oluşturan sözcüklerden oluşur.

Örneğin**: 0001**	Programın adı (numarası)
N01 G90 G21 G40;	1. Blok
N05 M06 T1;	2. Blok
N10 G00 X45. Y15.;	3. Blok
N15 G00 Z10.;	4. Blok
N20 M03 S2000;	5. Blok
N25 G01 Z-2. F200;	6. Blok
.	
.	
.	
N.. G00 G40 X150 Z40;	n. Blok
N.. M02;	Program sonu bloku.

Programın adı bir sayıdan oluşur ve programın numarasını belirtir. Sayının önüne ISO'ya göre (;) işareti, EIA sisteminde O harfi, sinumerikte % işareti konulur veya hiçbir işaret konulmaz. Sayılar 1'den 9999'a kadar dört dijitten oluşur, sayının önündeki sıfırlar sayılmaz. Eğer program numarası yoksa birinci blokun numarası (N...) program numarası sayılır, ancak N0 kabul edilmez. Eğer hem program hem blok numarası yoksa program kaydedilirken (CRT – MDI'dan bir program numarası belirtilmesi gerekir. CRT-MDI (MDI Manual Data Input) kontrol panosunun ekrandan ve programlamak için elle çalıştırılan düğmelerden oluşan kısımdır.

Programın esasını oluşturan bloklar satır şeklinde yazılır. Bloklara göre takım doğrusal veya eğrisel bir hareket yapar, iş mili çalışır veya durur, kesme hızı ve ilerleme hızı tayin edilir. Her blokun başında bir blok numarası bulunur, blok numarası N ve ondan sonra bir sayıdır.

Örneğin N1, N01 vb. sayılar 1'den 9999'a kadar 4 dijitli olabilir. Sayıların düzeni art arda değil de keyfi alınır. Örneğin N01, N02, N03 veya N01, N06, N10 son örnekteki gibi aralıklı alınırsa, programa başka blokların eklenmesi kolaylaşır. Kontrol ünitesinde işlem görmedikleri için blok numaralarının konulması mecburi değildir. Blok numarası konulursa programın kullanılması bakımından daha iyi olur. Blok numarası olarak N0 kullanılmaz. Her blok bir blok sonu ile işaretlenir. Bu işaret EOF, ISO, (;), (Fanuc), (*), (sinumerik) alabilir.

Bloklar, örneğin N01, G90, X30, F200 vb. gibi kelimelerden oluşur. Kelimeler komuttur yani bir işlemi temsil ederler. Görüldüğü gibi her kelime adres adını taşıyan bir harf ve bir sayıdan oluşur, sayı kod veya değer olabilir.

Örneğin:

G 01	X 35	F 200	M OG
↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑	↑ ↑
Adres Kod	Adres Değer	Adres Değer	Adres Kod
Kelime	Kelime	Kelime	Kelime

Adresli kelimelerden oluşan bloklara adresli blok formatı denilir.

Bunun yanı sıra sıralanmış blok formatı denilen bir başka format daha vardır. Bu format da sadece sayılardan oluşan kelimeler, blok içinde işgal ettikleri yere göre anlam taşırlar.

Örneğin: 02 03 45 -12 03

Blokta, birinci sayı blok numarasını, ikincisi dairesel enterpolasyonu, üçüncü ve dördüncüsü x ve y koordinatlarını, son sayı iş milin dönmesini ifade eder. Bu sistemin bir alternatifi sayılar arasına TAB kelimenin yazılmasıdır. Bu sisteme göre adresli kelime formatı çok daha esnektir ve günümüzde genellikle bu format kullanılmaktadır.

Adresli kelimelerin sayıları; kod örneğin yukarıdaki örnekte G ve M adreslerinin yanındaki sayılar veya değer olabilir. Örneğin X, Y, F adreslerinin yanındakiler, x, y'ye ait sayılar koordinatların değerlerini ifade eder.

ISO sistemine göre adresler için İngiliz alfabesinin A'dan Z'ye harfleri kullanılmaktadır. Bu harflerin çoğuna anlam verilmiş, birkaçı boş bırakılmıştır. Boş olanlar çeşitli kontrol sistemleri tarafından farklı anlamlar için kullanılır. O harfi sıfır ile karıştırılmaması için kullanılmaz. Tabloda ISO kod sisteminden, adres olarak en çok kullanılan harfler verilmiştir.

Anlam sütunundaki parantez içindeki sayılar, adreslerin sayısal kısmının dijit sayısını ifade etmektedir. Bu adreslerin yanı sıra çeşitli kontrol sistemlerinde anlamları farklı olan adresler kullanılmaktadır.

Bu açıklamalara göre bir programın yapısı şekildeki gibidir:

Adres	Anlam	Adres	Anlam
A	X ekseni etrafında dönme	N	Blok numarası
B	Y ekseni etrafında dönme	0	Kullanılmaz
C	Z ekseni etrafında dönme	P	3. ek eksen veya serbest
D	Serbest veya ek eksen etrafında dönme	Q	3. ek eksen veya serbest
E	Serbest veya ek eksen etrafında dönme	R	3. ek eksen veya serbest
F	İlerleme hızı	S	Kesme hızı
G	Hazırlık fonksiyonu	T	Takımın fonksiyonu
H	Takım uzunluk telafisi	U	2. ek eksen X'e paralel
l	Dairesel enterpolasyonda X eksenine göre yarıçap bileşeni	V	2. ek eksen Y'e paralel
J	Dairesel enterpolasyonda Y eksenine göre yarıçap bileşeni	W	2. ek eksen X'e paralel
K	Dairesel enterpolasyonda Z eksenine göre yarıçap bileşeni	X	Ana eksen
L	Serbest	Y	Ana eksen
M	Yardımcı fonksiyonu	Z	Ana eksen

Tablo 2.1: ISO kot sistemine göre adresler

Adres	Anlam
N	Blok numarası (1...9999)
G	Hazırlık (takım yolu) fonksiyonu (0...99)
X,Y,Z,A,B,C	Doğrusal ve dönme eksenlerinin kordinatları (± 99999.999)
U,K	Yay (daire) merkezinin koordinatları (± 99999.999)
F	ilerleme hızı (1... 100, 000 mm/dak) (0.01. ..0.5 mm/dev)
S	Kesme hızı (0...9999)
T	Takım numarası (0...99)
M	Yardımcı fonksiyonu ((0...99)

Tablo 2.2: ISO kot sistemine göre adresler

2.2. G ve M Kodları

G adresinden sonra belirtilen sayısal değer ilgili blokta kullanılan kodun anlamını belirtir.

- **G kodları iki tipe ayrılır:**

  - Tek belirtimli G kodları;
    - Sadece belirtildiği blokta geçerli olan G kodları

  - Modal G kodları;
    - Aynı grupta bulunan bir başka G kodu belirtilene kadar geçerli olan G kodları

2.2.1. Program Adı Verme

Program adını sayılar oluşturur. Bu sayı dört rakamdan meydana gelir. Sayının önüne Fanuc ve Mitsubishi'de O harfi, Sinumerik'te (%) işareti konur. Sinumerik'te dosya adları harf ve rakam grubu ile verilebilir. Fanuc kontrol sistemlerinde tezgâh programların başına ve sonundaki satıra % işaretini otomatik olarak koyar. 21 Fanuc sistemine göre; % Program numarasının üst satırında ve program sonunda bulunur.

O1234 (deneme): Program numarası 1234'tür. Parantez içinde açıklama yazılabilir.
N05 T01: 1.Blok satır numarası yazılarak program yazılmaya başlanır.
N10 G90: 2.Blok
N10 G00 X0. Y0. Z100: 3.Blok
N20 S1200 M03: 4.Blok
N320 M30: Program sonu %

Her satır sonuna, noktalı virgül işareti konur. Satırın bittiğini gösterir. Sinumerik sisteminde ise ekranda programı yazmaya başlamadan önce yeni klasör oluşturularak bu klasör içinde bir dosya oluşturulur. Bu dosya program adı olmuş olur. Sistem otomatik olarak kayıt yapar.

2.2.2. Başlangıç Bölümü ve Komutları

Başlangıç bölümünde, iş koordinat sistemi seçimi G54, kesici takım seçimi T01, mutlak G90 ya da artışlı G91 koordinatta çalışma modu, park konumuna gönderme, devir sayısı ve fener mili yönü gibi işlemler için gerekli satırlar bulunur.

G17, G18, G19 çalışma yüzeyini belirlenmesinde kullanılan kodlardır. **G17** X-Y yüzeyini, **G18** X-Z yüzeyini, **G19** ise Y-Z yüzeyini seçer. Başlangıçta bu kodlardan herhangi biri yazılmazsa program otomatik olarak G17'yi kullanır.

G20, G21 ölçü sisteminin belirlenmesinde kullanılır. **G20** Inch (parmak) ölçü sistemini, **G21** ise Metrik ölçü sistemini belirler. Başlangıçta bu kodlardan herhangi biri yazılmazsa program otomatik olarak **G21** Metrik ölçü sistemini kullanır.

Fanuc sistemlerinde genel olarak programların başlangıç bölümü aşağıdaki şekilde oluşturulur.

N10 G54	İş koordinatı seçimi
N15 G21	Metrik ölçü sistemi seçimi
N20 G90	Mutlak koordinatlarda çalışma kodu seçimi
N25 T4 M6	Takım seçimi
N30 G00 X0 Y0 Z150	Takımı park noktasına gönderme
N35 S1500 M03	İş mili dönüş yönü ve devir sayısı seçimi
N40 G43 H4 Z5	Takım boyu telafi ve iş parçası yüzeyine yaklaşma
N45	

Tablo 2.3:Fanuc başlangıç bölümü

Sinumerik sistemlerinde ise genel olarak programların başlangıç bölümü aşağıdaki şekilde oluşturulur.

N10 G54	İş koordinatı seçimi
N15 T4 L6 LF	Takım seçimi ve değişimi
N25 G90 LF	Mutlak programlama
N20 G00 X50 Y50 LF	Park konumuna gönderme
N20 S600 M03 LF	Devir sayısı ve iş mili dönüş yönü seçimi
N30 G43 Z10. H10 LF	Takım boy telafisinin seçimi
N40	

Tablo 2.4:Sinumerik başlangıç bölümü

Mitsubishi sistemlerinde ise genel olarak programların başlangıç bölümü aşağıdaki şekilde oluşturulur.

N10 G54	İş koordinatı seçimi
N15 G21	Metrik ölçü sistemi seçimi
N20 G90	Mutlak koordinatlarda çalışma kodu seçimi
N25 M6 T4	Takım seçimi
N30 G00 X0 Y0 Z150	Takımı park noktasına gönderme
N35 M03 S1500	İş mili dönüş yönü ve devir sayısı seçimi
N40 G0 G43 Z10. H04	Takım boyu telafi ve iş parçası yüzeyine yaklaşma
N45	

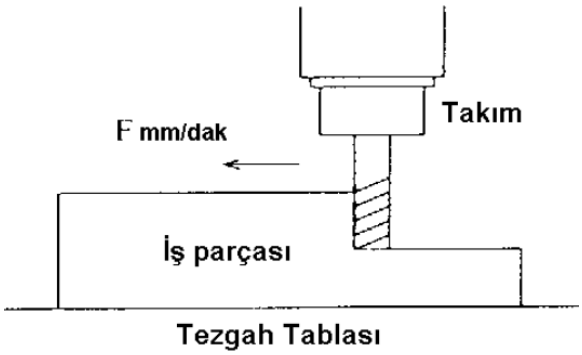
Tablo 2.5: Mitsubishi başlangıç bölümü

2.2.3. Devir Sayısı Ve İlerleme Hızı

Programda devir sayısı (S), daima iş milinin dönüş yönüyle aynı satırda verilmesi gerekir. Aynı satırda verilmezse program alarm verir. M03 fener mili saat yönünde ve M04 ise fener milini saat yönüne ters yönde döndürür. Eğer fener mili durdurulmak isteniyorsa M05 kodu kullanılır.

S1200 M03, fener milini saat yönünde 1200 dev/dak. ile döndürür

İlerleme hızı **F** kodu kullanılarak belirtilir. G00 kodu kullanıldığında verilmez. G01, G02, G03 gibi talaş alma ilerlemesi gerektiren kodlar kullanıldığında verilir. Yeni bir ilerleme hızı verilene kadar geçerlidir.



Şekil 2.3: İlerleme hızı

İlerleme hızı birimi mm/dak. veya mm/dev dir. G94 ilerlemenin mm/dak. olarak seçilmesini sağlar. G95 ilerlemenin devir başına milimetre (mm/dev) olarak seçilmesini sağlar.

Örnek:

G94 F100 (dakikada 100 mm ilerler)
G95 F0.3 (bir devirde 0,3 mm ilerler)

G01 X75. Y80. Z10. F150 : Fanuc ve Mitsubishi, Takım 150mm/dak. hızla belirtilen koordinatlara gider.

G01 X75 Y80 Z10 F150 LF (Sinumerik)

Program kodları	İçerik
%	
O9999 (YÜZEY FREZELEME);	Program numarası ve adı
N102 G21	Başlangıç bölümü ve komutları
N104 G28G91X0Y0Z0	
N106 G00G17G40G49G80G90	
N108 T2M6(PARMAK FREZE)	
N110 G00G90G54X30.Y40	
N112 G43H2Z50	
N114 M03S800	Devir sayısı ve ilerleme hızı bölümü
N116 G00Z5. M08	
N118 G01Z-25.F800	
N120 G42D15Y0.0	Ana program bölümü ve komutları
N122 X446.F150	
N124 Y90	
N126 X0.0	
N128 Y-20	
N130 G01Y-30.G40 F1000	
N132 G0Z50. M09	
N134 M05	Program sonu ve komutları
N136 G28G91X0Y0Z0	
N138 M30	
%	

Tablo 2.6: CNC program yapısı

2.2.4. Ana Program Bölümü ve Komutları

Bu bölümde parçayı işlemek için gerekli program satırları bulunur. Her kesici hareketi için bir G kodu ve kesicinin gideceği noktanın koordinatları ve gerekli parametreler yazılır.

G kodu	Grup	Fonksiyon
G00	01	Pozisyonlandırma
G01		Lineer interpolasyon
G02		Dairesel interoplasyon / Helisel interpolasyon saat yönü
G03		Dairesel interoplasyon / Helisel interpolasyon saat yönünün tersi

Tablo 2.7: 01 Grubu G kodları

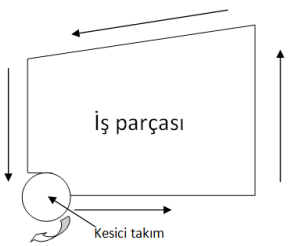
G00: Takımın belirtilen koordinata hızlı olarak konumlandırılmasında kullanılır.

G00 X50. Y40. Gibi

- **Lineer interpolasyon (Doğrusal ilerleme) G01**

Takımın mevcut konumundan koordinat değerleri ile belirtilen bitiş konumuna F ile verilen ilerleme değeri ile doğrusal olarak (başlangıç noktası ile bitiş noktasını birleştiren doğru boyunca) interpolasyon yapmasını (gitmesini) sağlar. Bu durumda F ile verilen ilerleme takım merkezinin hareket doğrultusundaki talaş kaldırarak ilerleme değeridir.

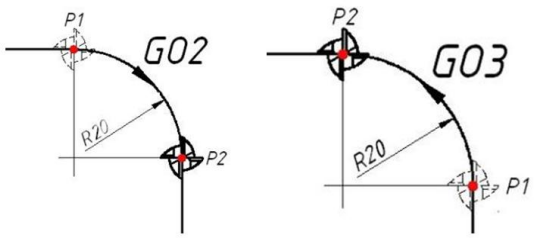
G01 X-30. Y40. F1000 gibi



Şekil 2.4: Lineer interpolasyon

- **Dairesel interpolasyon (Dairesel ilerleme) G02-G03**

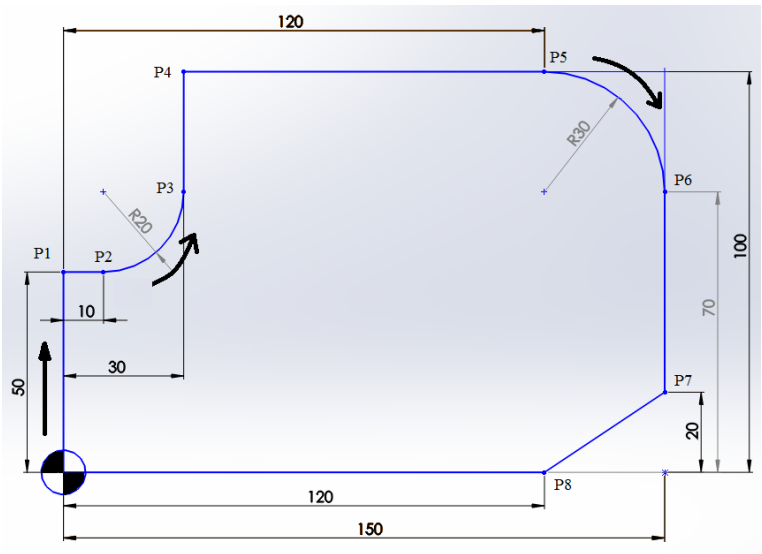
Takımın mevcut konumundan koordinat değerleri ile belirtilen bitiş konumuna yay çizerek hareket etmesidir. Bitiş koordinatı bildirilirken yayın yarıçap bilgisi de verilmektedir. Burada yay hareketi saat yönünde **G02(CW)** ve saat yönünün tersinde **G03(CCW)** olmak üzere iki türlüdür.



Şekil 2.5: Dairesel interpolasyon

G02 X20. Y-20. R20 F200
G03 X-20. Y20. R20 F200 gibi yazılır.

Şimdi doğrusal interpolasyon ve dairesel interpolasyon ile ilgili bir örnek program yazalım.

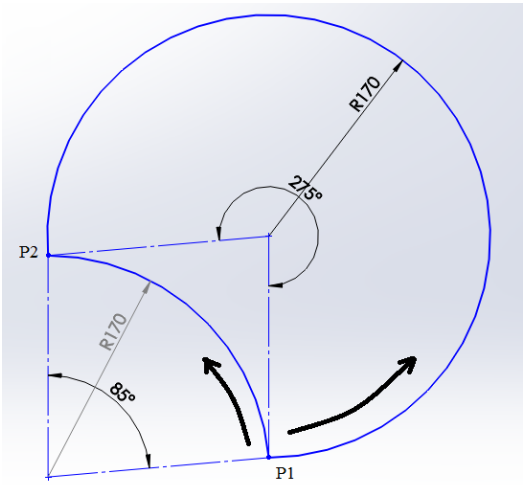


Şekil 2.6: Örnek

KONUM	MUTLAK KOORDİNAT G90	ARTTIRMALI KOORDİNAT G91
P1	G01 X0 Y50 F 200	G01 X0 Y50. F 200
P2	X10. Y50	X10. Y0
P3	G03 X30. Y70. R20	G03 X20. Y20. R20
P4	G01 X30. Y100	G01 X0 Y30
P5	X120. Y100	X90. Y0
P6	G02 X150. Y100. R30	G02 X30. Y-30. R30
P7	G01 X150. Y20	G01 X0 Y-50
P8	X120. Y0	X-30. Y-20
BAŞLANGIÇ	X0 Y0	X-120. Y0

Tablo 2.8: Örnek

G02 ve G03 işleminde kullanılan R bildirimi yayın açısal olarak büyüklüğüne göre değişir. Yay açısal olarak 180°den küçük ise yukarıdaki örnekte gösterildiği gibi kullanılır. Eğer yay açısal olarak 180°den büyük ise aşağıdaki örneği inceleyelim.



Şekil 2.7: R'nin durumu

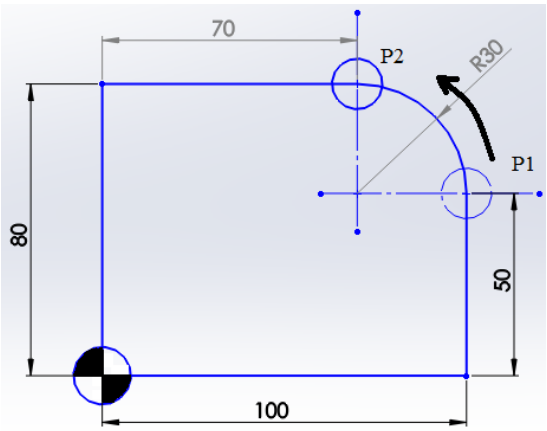
P1 noktasından P2 noktasına G03 hareketi yarıçapları aynı olan iki farklı yay ile yapılmıştır. Her iki hareketi yazmaya kalktığımızda ikisinin de aynı olduğunu göreceğiz. Bunların farklı yollar olduğunu göstermek için yay hareketi 180°den büyük olan hareketin R harfinden sonraki değerin önüne – işareti konulur.

180°den küçük hareket >> G03 X--. Y--. R170
180°den büyük hareket >> G03 X--. Y--. R-170

- **Yay merkezinin yarıçap bileşenleri cinsinden ifadesi (I, J, K)**

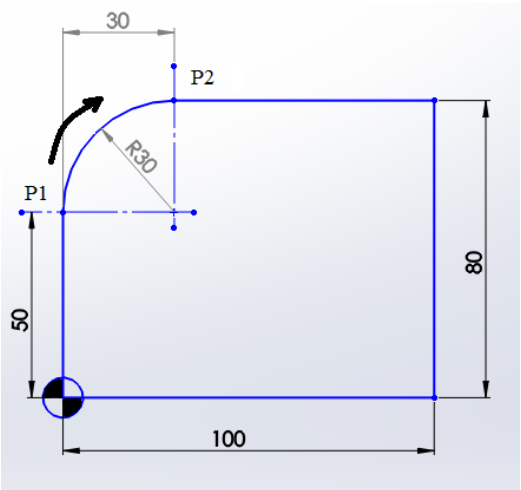
Oluşturulacak olan yayların farklı bir şekilde programlanma biçimi olduğunu söyleyebiliriz. Yarıçap bileşenleri, yarıçap doğrusuna ait X, Y, Z eksenlerine paralel vektörlerdir. Yarıçap bileşenlerinden X eksenine paralel olanına I, Y eksenine paralel olanına J ve Z eksenine paralel olanına ise K yarıçap bileşeni denir.

CNC işleme merkezlerinde G17(X-Y) düzlemi çok sık kullanıldığı için I ve J bileşenleri sıkça kullanılır. K yarıçap bileşeni Z eksenindeki harekette kullanıldığından az kullanılır. Yarıçap bileşenlerinin ön işaretleri takım iş parçası sıfır noktasına yaklaştığı zaman (-) uzaklaştığı zaman (+) değerini alır.



Şekil 2.8: R'nin durumu

MUTLAK KOORDİNAT G90	ARTTIRMALI KOORDİNAT G91
G03 X70. Y80. I-30. J0 F200	G03 X-30. Y30. I-30. J0 F200



Şekil 2.9: R'nin durumu

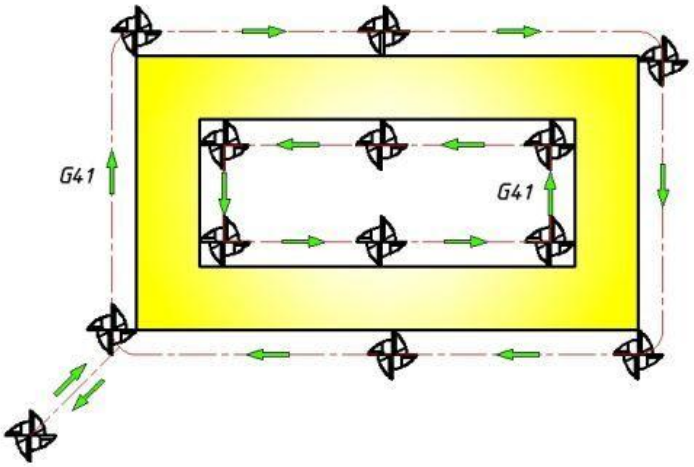
MUTLAK KOORDİNAT G90	ARTTIRMALI KOORDİNAT G91
G02 X30. Y100. I0 J30. F200	G03 X30. Y30. I0 J30 F200

- **Kesici çap telafisi**

Şimdiye kadar koordinatlandırma işlemlerini kesici takımın merkezine göre yapıyorduk. Ada ve cep frezeleme işlemleri için talaş kaldırma işlemi yaparken kesici takımın yarıçapı kadar sağa veya sola kaçma yapılması gerekir. Sağa ve sola kaçma işlemi için G kodları tanımlanmıştır.

- **G41 kesici çap telafisi solda**

İlerleme yönüne göre arkadan bakıldığında kesici, telafi sayfasına tanıtılan çapının yarısı kadar koordinatın solundan gider.

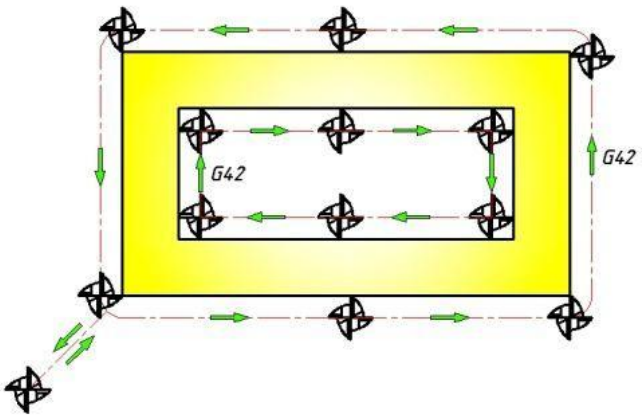


Şekil 2.10: Çap telafisi

G41 X… Y… D…
X-Y: Konumlanma koordinatı
D: Ofset sayfası kesici satır numarası

- **G42 kesici çap telafisi sağda**

İlerleme yönüne göre arkadan bakıldığında kesici, telafi sayfasına tanıtılan çapının yarısı kadar koordinatın sağından gider.



Şekil 2.11: Çap telafisi

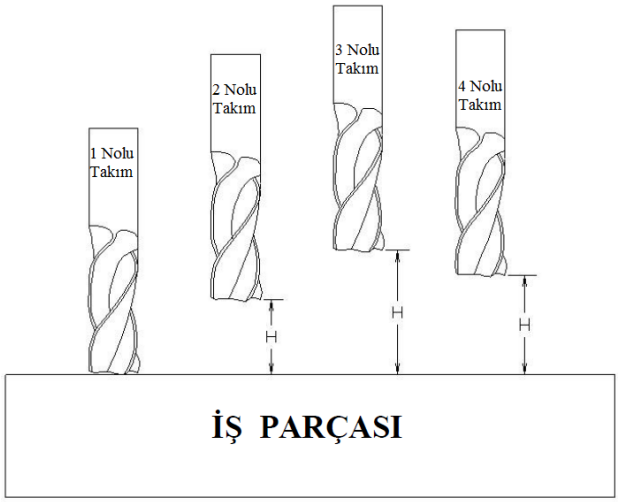
G42 X… Y… D…
X-Y: Konumlanma koordinatı
D: Ofset sayfası kesici satır numarası

➢ **G40 kesici çap telafisi iptali**

Daha önce girilmiş olan telafi değerlerinin tezgâh belleğinden silinmesi için kullanılır.

➢ **Kesici boy telafisi**

CNC iş merkezlerinde aynı program içinde birden fazla kesici takım kullanılabilir. Ancak her takımın boyu birbirinden farklı olduğu için mutlaka boy telafisi kullanılmalıdır. Bu sayede sanki her takımın boyu eşit bağlanmış gibi program yapılır.



Şekil 2.12: Kesici boy telafisi

➢ **G43 Z… H_ _**

H karakterinin yanına 2 haneli bir sayı yazılır. Bu sayı Geometry Offset sayfasında o takımın boy farkının yazılı olduğu ofset satırını ifade eder.

G49 kesici boy telafisini iptal eder.

➢ **Delik delme çevirimleri**

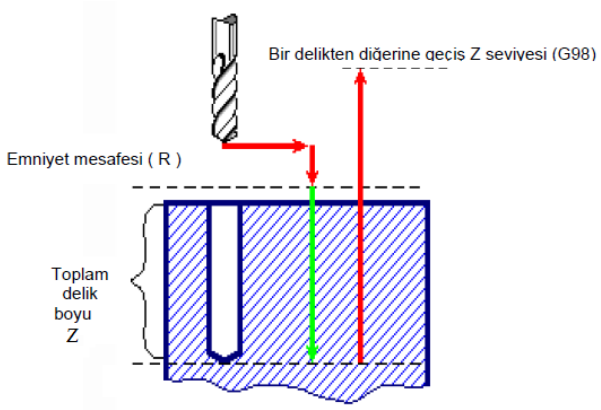
Delik delme işlemlerinde çevrimleri kullanmak çok avantajlıdır. Öncelikle delik içinde matkabı unutup kırılmasını önler ve çok sayıda delik delineceği zaman fazla satır yazmaktan kurtarır.

En kullanışlı delik çevrimleri şunlardır:

- **G81** Kademesiz delik delme çevrimi
- **G83** Kademeli delik delme çevrimi
- **G84** Kılavuz çekme çevrimi
- **G80** Delik delme çevrimi iptali

➢ **G81 kademesiz delik delme çevrimi**

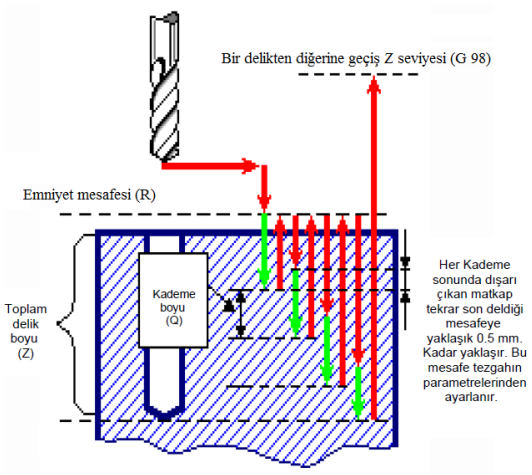
Genellikle boyu uzun olmayan delik operasyonları için kullanılır. Matkap toplam derinliğe ulaştıktan sonra emniyetli mesafeye geri döner. Aynı şekilde delinecek başka delikler varsa hiçbir G komutu kullanmadan sadece delik merkezi koordinatları yazılır. İlk delik için geçerli olan tüm şartlar diğer delikler için de geçerli olur. Delinecek delikler bittikten sonra G80 komutu ile çevrim iptal edilir.



Şekil 2.13: Delik delme çevrimi

➢ **G83 kademeli delik delme çevrimi**

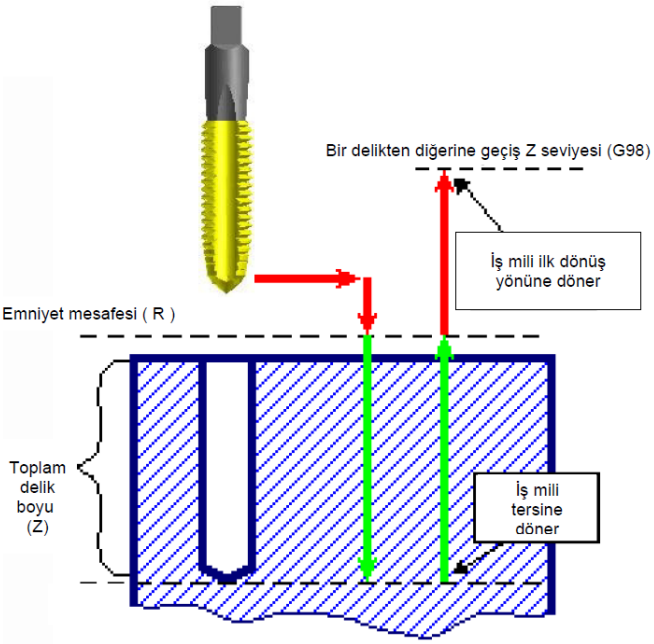
Genellikle boyu uzun olan delik operasyonları için kullanılır. Matkap Q ile tanımlanan kademe kadar deldiğinde R emniyet mesafesine çıkarak biriken talaşı boşaltır. Bu sayede matkabın oluklarına biriken talaş yüzünden sıkışıp kırılması önlenmiş olur. Toplam derinliğe ulaştıktan sonra emniyetli mesafeye geri döner. Aynı şekilde delinecek başka delikler varsa hiçbir G komutu kullanmadan sadece delik merkezi koordinatları yazılır. İlk delik için geçerli olan tüm şartlar diğer delikler için de geçerli olur. Delinecek delikler bittikten sonra G80 komutu ile çevrim iptal edilir.



Şekil 2.14: Delik delme çevrimi

➢ **G84 kılavuz çekme çevrimi**

Deliklere diş açmak için kullanılır. Toplam derinliğe ulaştıktan sonra yani delik sonunda iş mili tersine dönmeye başlar ve geriye emniyetli mesafeye geri döner. Emniyet mesafesine dönünce iş mili tekrar normal dönüşüne geçer. Aynı şekilde kılavuz çekilecek başka delikler varsa hiçbir G komutu kullanmadan sadece delik merkezi koordinatları yazılır. İlk delik için geçerli olan tüm şartlar diğer delikler için de geçerli olur. Kılavuz çekilecek delikler bittikten sonra G80 komutu ile çevrim iptal edilir.



Şekil 2.15: Kılavuz çevirimi

➢ **Delik çevrimlerinde geri dönüşler**

Bu komutlar delik delme ve kılavuz çekme çevrimlerinde işlemin uygulandığı ilk delikten sonra diğer deliklere giderken kullanılan Z seviyesini ayarlar.

G 98 = Delik çevrimlerinde başlangıç noktasına geri dönüş
G 99 = Delik çevrimlerinde emniyet mesafesine geri dönüş

Bu komutlardan en kullanışlı olanı G98' dir. G98 ile ilk çevrim yazılan satırdan önceki Z değeri ne ise diğer deliklere giderken bu Z seviyesini kullanır. Genellikle bu seviye parça için en uygun mesafedir. G99 ile kullanılan R emniyet mesafesi parçaya 1-2 mm. uzaklıkta olduğundan diğer deliğe giderken bir engele veya faturaya çarpıp matkabın veya kılavuzun kırılmasına sebep olur. O yüzden G81, G83 ve G84 çevrim komutları önüne G98 yazılarak kullanılırsa uygun olur.

- **Çevrimlerin kullanılışları ve parametreleri**

a) Kademesiz delik delme çevirimi (G81)

N.... G98 G81 X..... Y..... Z..... R..... F.....

N = Satır numarası
G98 = Diğer deliklere giderken çevrimden önceki en son Z seviyesini kullanır.
G81 = Kademesiz delik delme çevrimi
X = İlk deliğin merkezinin X koordinat değeri (mm)
Y = İlk deliğin merkezinin Y koordinat değeri (mm)
Z = Toplam delinecek derinlik (mm)
R = Emniyet mesafesi (mm)
F = İlerleme miktarı (mm/dk)

b) Kademeli delik delme çevirimi (G83)

N.... G98 G83 X..... Y..... Z..... R..... Q..... F.....
N = Satır numarası
G98 = Diğer deliklere giderken çevrimden önceki en son Z seviyesini kullanır.
G83 = Kademeli delik delme çevrimi
X = İlk deliğin merkezinin X koordinat değeri (mm)
Y = İlk deliğin merkezinin Y koordinat değeri (mm)
Z = Toplam delinecek derinlik (mm)
R = Emniyet mesafesi (mm)
Q = Kademe boyu (mm)
F = İlerleme miktarı (mm/dk)

c) Kılavuz çekme çevirimi (G83)

N.... G98 G84 X..... Y..... Z..... R..... F.....
N = Satır numarası
G98 = Diğer deliklere giderken çevrimden önceki en son Z seviyesini kullanır.
G84 = Kılavuz çekme çevrimi
X = İlk deliğin merkezinin X koordinat değeri (mm)
Y = İlk deliğin merkezinin Y koordinat değeri (mm)
Z = Toplam delinecek derinlik (mm)
R = Emniyet mesafesi (mm)
F = İlerleme miktarı (mm/dk) (Kılavuzun dönüş devri ile adımının çarpımı)

Önemli not: Kılavuz kendi ekseni etrafında bir tur döndüğünde adım kadar ilerler. Bu yüzden kılavuz çekme çevriminde kullanılacak F değeri mutlaka kılavuzun dönüş devri ile adım çarpımı kadar olmalıdır. Aksi halde kılavuz kırılır.

d) Diğer çevirimler

- **G82 geçici bekleme zamanlı delme programı:** Formatı; G82 G98 X… Y… Z… P… R… F…

Örnek: G82 G98 X20 Y25 Z-10 P5000 R5 F100 P5000: 5 sn. delik içinde bekler. Milisaniye cinsinden bekleme sn. (1 milisaniye=1/1000 sn.)

- **G85 rayba çekme döngüsü**: Rayba yavaş ilerleme hızıyla aynı yönde girer ve çıkar.

Format=G85 G98 X… Y… Z… R… F…

G86 Kesici emniyetli R mesafesine kadar hızlı gelir. Normal deler, delme işleminden sonra delik tabanında iş mili durur ve kesici hızla geri çıkar.

Format= G86 G98 X… Y… Z… R… F…

Bu programda iş mili delik sonunda stop ediyor ve hızlı olarak R değerine geliyor.

- **G87 delik dibi genişletme fonksiyonu:G88** Tabana kadar deldikten sonra iş mili durur. Yukarı çıkma işlemi el ile yapılır.

G89 Yavaş inip yavaş çıkar ve delik tabanında bekler. Bu programda takım delik sonunda bekler ve F hızı ile emniyetli R noktasına geri döner.

Format= G89 G98 X25 Y35 Z-25 R5 F100

➢ **Alt program kullanımı**

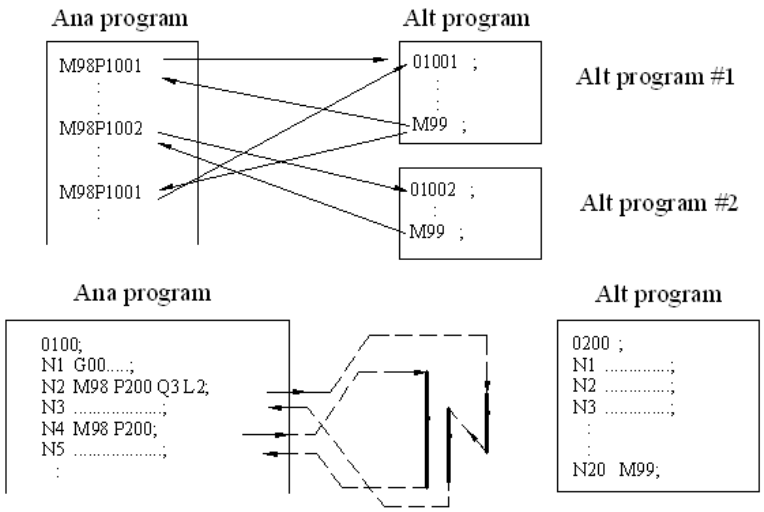
Tezgâhlarda bazı işlemleri daha az program yazarak yapabiliriz. Burada kullanılacak yöntem önemlidir. Programda alt program çağırılması için M98 komutu kullanılır ve yanına P harfi yazılır. P harfinden sonra bazı tezgâhlarda program numarası yazılır ve L harfi ile tekrar sayısı belirtilir, bazı tezgâhlarda ise P harfinde sonra iki rakamlık kısma tekrar sayısı ve ardında program numarası yazılır.

Örnek:

M98 P0015 L5

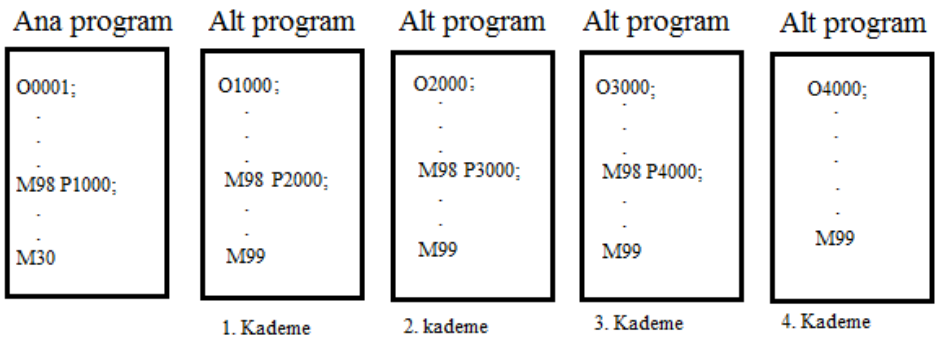
M98 P050015

M98 ile alt program çağırıldığında tezgâh alt program içerisindeki komutları okur ve ona göre hareket eder. M99 komutunu okuduğunda alt programdan çıkarak ana programdaki geldiği program satırına dönerek okumasına devam eder.



Şekil 2.16: Ana ve alt program

Bir alt program işlenirken başka alt programlar kullanılabilir.



Şekil 2.17: Alt program yapısı

2.2.5. Program Sonu Bölümü ve Komutları

Program M02 veya M30 kodları ile bitirilir. Program sonlarında iş mili durdurma M05, soğutma sıvısını kapama M09, iş parçasından uzaklaşma, referans noktasına G28 veya park noktasına gönderme gibi komutlar kullanılır.

2.3. Takım Kaydı ve Takım Değiştirme Komutları

- **T- Takım çağırma kodu**

Kesici takım seçimini kontrol eder. Frezede T kodu iki haneli bir sayısal değerle ifade edilir. Program içerisinde T02 satırı okunduğu zaman ATC tezgâhın magazininden (kesici takımların takılı bulunduğu aparat) T kodunu takip eden iki karakterli istasyondaki kesiciyi

iş miline takar. Fanuc sistemde kesiciyi değiştirmek için T kodu ile aynı satıra M06 takım değiştirme M kodu yazılır fakat her tezgâhta kullanımı zorunlu değildir.

Örnek:

M06 T01

2.4. Macro Programlama

Makro program yazabilmek için hazırlık komutlarını G kodlarını, yardımcı fonksiyonları M kodlarını, alt programlama yapısını ve kullanımını doğru bir şekilde biliyor olmanız gerekir. Aksi halde temel CNC programlama bilgisine sahip olmadan hazırlayacağınız makro programlarda çeşitli yapısal/mantıksal hatalar olabilir, tezgâh ve iş parçasının hasar göreceği iş kazaları oluşabilir.

Makro programlama yöntemiyle:

- Aritmetik ve cebirsel hesaplamalar yapılabilmektedir.
- Trigonometrik hesaplamalar yapılabilmektedir.
- Mantıksal işlemler yapılabilmektedir.
- Değişkenlerde veri saklanabilmektedir.
- Program içerisinde akış bozularak başka bir satıra dallanma/atlama yapılabilmektedir.
- Program içerisinde akış bozularak ekranda hata mesajı veya alarm mesajı yazdırılabilmektedir.
- IF, WHILE döngüleri kullanılabilmektedir.
- CNC kontrol ünitesine veri girişi ve CNC kontrol ünitesinden veri çıkışı yapılabilmektedir.

Makro programlama şu amaçlarla kullanılabilir:

- Birbirine benzer fakat ölçüsel farklılıkları olan parçaların işlenmesinde,
- Takım ve parça offseti kontrolünde,
- İşinize özgü sabit çevrimler oluşturmanızda,
- Helisel, parabolik vb. standart olmayan eksen hareketlerinin oluşturulmasında,
- Program çalışırken alarm veya mesaj üretilmesinde,
- Tezgâhın sahip olmadığı bazı opsiyonların makrolarla yazılarak kullanılmasında,
- Programların gizlenmesi ve kilitlenerek korunmasında,
- Ölçme ve kontrol amaçlı probların kullanılmasında,
- Modern CNC tezgâhlarda olan fakat tezgâhınızda kullanıma açık olmayan hazır çevrimlerin kullanılabileceği programların oluşturulmasında kullanılır.

Makro program yazabilmek için önce sırasıyla:

- Problemi tanımlama,
- Algoritma geliştirme,

- Akış diyagramını çizme,
- Programı yazma,
- Programın doğruluğunu kontrol etme işlemleri yapılmalıdır.

Değişkenler:

Değişkenler 4 ana gruba ayrılırlar:

- #0: 0 numaralı değişkene değer atanamamaktadır. Daima tanımsızdır.
- #1 - #33: Bu değişkenler yerel değişkenler olup tezgâh hafızasına kaydedilmezler. Bunlar daha önce tanımlansalar dahi tezgâh kapatılıp açıldığında veya reset butonuna basıldığında tanımsız hale gelirler.
- #100 - #999: Bu değişkenler ortak/genel değişkenler olup tezgâh hafızasına kaydedilirler. Tezgâh kapatılıp açıldığında en son hangi değer varsa onu korurlar.
- #1000 ve yukarısı: Bu değişkenler sistem değişkenleridir. Bunlar offset verisi, takım boy çap verileri, fener mili devir sayısı gibidir.

Örnek olarak,

#1=0 1 numaralı değişkenin değeri 0'a eşitlenir.
#12=21 12 numaralı değişkenin değeri 21'e eşitlenir.
#5= #1 + #12 5 numaralı değişken 1 numaralı değişken ile 12 numaralı değişkenin toplamına eşitlenir.

Döngüler:
= : eşittir
İf: eğer
While: öyleyse

While if ile aynı gibi olsa da, farkı while do ve end kullanılarak tekrarlama şartını oluşturan terimdir. Do... git do yanına 1, 2, 3, gibi sayılarla birlikte yazılır. Do1 while koşulu gerçekleşirse tezgâh sıradaki satırı okuyarak yoluna devam eder koşul gerçekleşmezse end1 e atlar oradan devam eder.

then ise IF[#1EQ#2]THEN #1=20 (EGER #1 EŞİT #2 İSE #1 KARŞILIGI 20 OLSUN)

Aşağıdaki tabloda aritmetik ve mantıksal işlemlerin listesi verilmiştir. SIN, COS, ASIN, ACOS, TAN ve ATAN fonksiyonlarıyla kullanılan açı birimi derecedir. Dakika kısmı onluk tabana göre ifade edilir. Örnek olarak 25□30 için 25.50 yazılması gerekir.

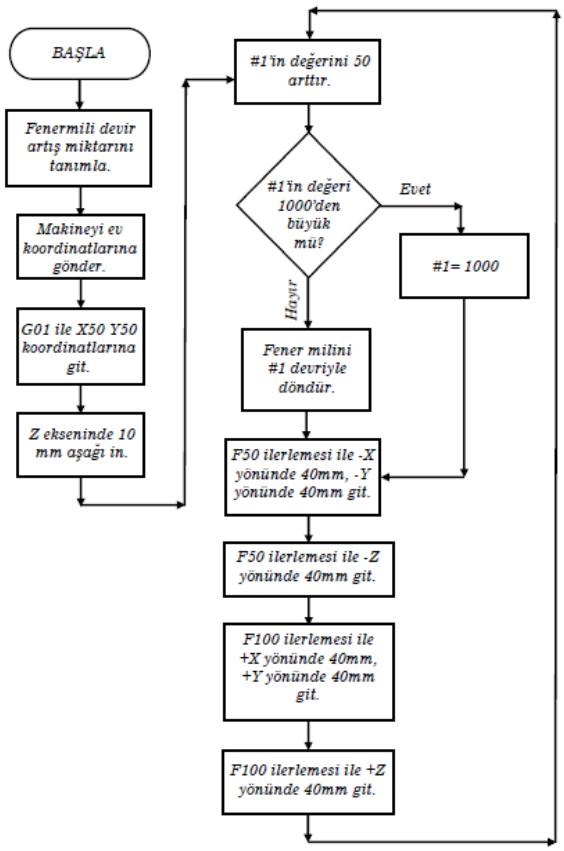
Fonksiyon	*Kullanım Biçimi (i, j, k Değişken Adı)*	*Açıklamalar*
Tanımlama	#i=#j;	*Değişkene değer atama.*
Toplam	#i=#j+#k;	*Klasik dört işlem.*
Fark	#i=#j-#k;	
Çarpım	#i=#j*#k;	
Bölümü	#i=#j/#k;	
Sinüs	#i=SIN[#j];	*Açı değeri 10'luk tabana göre ifade edilir. Derece cinsinden olan açı 10'luk tabana çevrilmelidir.* *Örnek:*
Arksinüs	#i=ASIN[#j];	
Kosinüs	#i=COS[#j];	
Arkkosinüs	#i=ACOS[#j];	
Tanjant	#i=TAN[#j];	
Arktanjant	#i=ATAN[#j];	
Karekök	#i=SQRT[#j];	
Mutlak değer	#i=ABS[#j];	
Yuvarlama	#i=ROUND[#j];	
Aşağı yuvarlama	#i=FIX[#j];	
Bütünleme	#i=FUP[#j];	
Doğal logaritma	#i=LN[#j];	
Üstel fonksiyon	#i=EXP[#j];	
OR	#i=#j OR #k;	*Mantıksal bir işlem her bitte ikili sayılarla gerçekleştirilir.*
XOR	#i=#j XOR #k;	
AND	#i=#j AND #k;	
BCD'den BIN'e dönüştürme	#i=BIN[#j];	*PMC'ye ve PMC'densinyal değiştirme için kullanılır.*
BIN'den BCD'ye dönüştürme	#i=BCD[#j];	

Tablo2.9: Makro fonksiyonları

Sabah tezgâhı ısıtmak için kullanılabilecek örnek bir program operatör reset butonuna basana kadar tezgâh sürekli çalışır.

ISO KOD YAZIM	MACRO YAZIM
	#1=50 (X DEGERİ)
	#2=90 (Y DEGERİ)
	#3=30 (Z DEGERİ)
G0X50Y-90Z50M08	G0X#1Y-#2Z50M08
G81Z-30R5F300	G81Z-#3R5F300
X-50	X-#1
Y90	Y#2
X50	X#1
G80	G80
G0Z200	G0Z200
M05	M05
M09	M09

Solda ISO kodları ile bir dikdörtgenin dört köşesine delik deldik. Sağda ise #1. #2. #3 değişkenlerini değiştirerek aynı işi yaptık. Farkı nedir? Makro değişkelere değerleri yerleştirerek ayarı hem hızlı hem de defalarca elle rakamlar yazarken gözden kaçmalar ve hatalar ortadan kalktı.



Şekil 2.18: Program akış diyagramı

```
O 0056
G91 G28 Z0              Z eksenini evine gönder
G91 G28 X0 Y0           X ve Y eksenlerini evine gönder
G01 X50. Y50. F100      X50 Y50 koordinatlarına F100 ilerleme ile git
G91                     Artırmalı programa geç
G01 Z-10. F50
#1=50                   Devir artım değişkeni
N15 #1=#1+50
IF [#1 GT 1000] THEN #1=1000
M03 S#1
G01 X-40. Y-40. F50
Z-40
G01 X40. Y40. F200
Z-40
GOTO15
%
```

2.5. Tezgâh Üzerinde İmalat İşlemleri

Dönme hareketine ait açısal nitelikler (yer değiştirme, hız ve ivme) doğrusal hareketteki karşılıkları gibi vektörlerle de gösterilir. Bu bakımdan vektörlerin toplama ve çarpma kurallarına tabidir. Vektör yazımı özellikle hareketin üç boyutlu analizinde kullanılır.

- **CNC Tezgâhları için takım seçimi**

CNC tezgâhlarının en önemli özelliklerinden birisi çok yüksek talaş kaldırma debilerine sahip olmalarıdır. Bu tezgâhlarda, bu işlemleri yapabilecek takımların olması oldukça inanılmaz görülmektedir. Buna bir sanayiden daha az olan ayarlama süresini ve yaklaşık beş saniye süren otomatik takım değiştirme işini de eklersek, üretim mühendislerinin neden nümerik kontrollü işlemede en can alıcı konunun takımlar olduğunu düşünmelerini daha iyi anlarız.

- **Takım malzemeler**

Küçük çaplı delik delme, kılavuz çekme, raybalama, punta deliği ve kama kanalı açma gibi işlemlerde yüksek hız çeliği (HSS) takımlar kullanılmasına rağmen, CNC ile işlemede genellikle sinter karbür (Karbit) takımlar kullanılmaktadır.

Bu tezgâhlarda kullanılacak takımlarda aranan fiziksel özelliklerin başında, 600°C'ye kadar çıkabilen metal kesme sıcaklığındaki malzemenin sertliği ve tokluğu gelmektedir. Yüksek hız çelikleri, sinter karbürden daha tok olmasına karşın onun kadar sert değildir. Bu nedenle, bunlar yüksek hızlardaki talaş kaldırma tekniklerinin şartlarını yerine getirebilecek yeni karbür türlerinin geliştirilmesi için yoğun araştırmalar yapılmaktadır. Yapılan bu araştırmaların ne kadar başarılı olduğunu anlayabilmek için, CNC tezgâhlarını çalışırken izlemek yeterlidir.

- **Takım kontrolü**

Pahalı olan CNC tezgâhlarının verimli kullanımı, oldukça metodik takım kullanımı yaklaşımını gerektirir. Tezgâhtaki orijinal veya yedek takımın parça programındaki takıma karşılık gelmesi gereklidir. Bu nedenle programlamada çalışan kişiler arasında yakın bir işbirliği sağlanmalıdır.

Etkili bir takım kontrolü, aşağıdaki fonksiyonları sağlamalıdır.
-Aşınmış, hasarlı uçların değiştirilmesi, uygun olduğunda bileme yapılmasını içeren iyileştirme,
-Boyutlandırma, ön ayarlamayı içeren hazırlık,
-Kullanıma kadar stoklama,
-Taşıma,
-Tezgâhta koruma

Takımlar kullanılmadıklarında, ağır iş çelik raflarında tanım kartlarıyla birlikte depolanmalıdır. Depolanan takımlar özel iş veya genel amaçlı olabilir. Hangisi olursa olsun, bu takımlar boyutsal özellikleri, uygulamaları vs. içeren bilgileri ile belirlenmelidir. Aynı zamanda hem parça programcısına hem de operatöre referans sağlayacak şekilde, mevcut takımların listesinin çıkarılması oldukça faydalıdır. Takım listesi genellikle takım kütüphanesi olarak adlandırılır.

- **CNC'de iş yüklenmesi ve iş bağlama**

Herhangi bir iş bağlama düzeneği aşağıdaki şartları yerine getirmelidir.
-İşi sıkı olarak bağlamalı,
-Pozitif yerleştirme sağlamalı,
-Hızlı olmalı ve kolay kullanılmalıdır.

Geleneksel tezgâhlarda denenmiş, kullanılmış birçok iş bağlama düzeneği vardır; mengene, ayna, pens bunların en bilinen örnekleridir ve bunlar nümerik kontrollü tezgâhlarda da kullanılmaktadır. Bu iş bağlama düzenekleri, mekanik, hidrolik veya pnömatik olarak çalışabilir. Mekanik olarak çalışanlar, iş paçasının yüklenmesi ve sıkılmasında el becerileri gerektirir. Bu nedenle, hidrolik ve pnömatik sıkma özellikle de ikincisi tercih edilir. Hidrolik ve pnömatik sıkma, tezgah kontrol ünitesi tarafından elektronik olarak kolaylıkla kontrol edilir ve hızlı bir çalışma ve düzgün sıkma basıncı sağlar. Bu çeşit geleneksel iş bağlama düzenekleri; dikdörtgen, köşeli, hegzagonal gibi üniform şekilli stok malzemesi veya iş parçasının işlenmesinde daha uygundur. Düzensiz şekiller, bazen pnömatik veya hidrolik sıkılama düzenlemeleriyle birlikte özet tasarlanmış kolaylıklar ile geleneksel işlemeye uyarlanabilir. Genel bir uygulama olarak iş parçası işleme sırasında hareket etmeyecek şekilde pozitif olarak yerleştirilmelidir. Her iki durumda, iş parçası sabit çenelere karşı yerleştirilmiştir. Herhangi bir işleme sürecinde iş parçasının hareket olanağı, emniyetle ilgili nedenlerle istenmez. Nümerik kontrollü işleme sürecinde de az olsa iş parçasının hareket etmesi problemi olabilir. Bunun anlamı, iş parçası boyutu işleme sırasında sürekli izlenmediğinden, iş parçasının boyutsal hassasiyetinin kaybolmasıdır.

2.6. CNC Tezgâhlarının Bakımı

Belirli periyodik aralıklarla tezgâh ve ekipmanlarının gözden geçirilmesi işlemine bakım denir. CNC takım tezgâhlarında kullanılan elektronik devre elemanları konvansiyonel tezgâhlarda kullanılanlarla kıyaslandığı zaman fazla sayıda oldukları görülür. Elektronik elemanlar için titiz kullanım ve sağlıklı çalışma ortamları gerekir.

Tezgâh ve sistemlerinin bu kadar gelişmelerine paralel olarak bakım ve onarımları ile ilgili bazı kolaylıklar da geliştirilmiştir. Tezgâhta meydana gelebilecek herhangi bir arıza (Motorun aşırı yüklenmesi, yağlamanın yetersizliği, filtrelerin pis oluşu, aşırı ısınmalar vb.) anında tezgâh kontrol panelinde sinyal ya da mesaj şeklinde operatöre bildirilir.

Her konuda olduğu gibi bakım konusunda da inisiyatif operatöre bırakılmıştır. En kısa zamanda bakımın yapılması ve olumsuzlukların giderilmesi gerekir. Aksi halde böyle bir tezgâhta her hangi bir programı çalıştırarak parça imalatı mümkün değildir.

- **CNC takım tezgâhlarında temizlik ve bakımın önemi**

Daha öncede belirtildiği gibi CNC sistemleri pahalı sistemler olduğu için meydana gelebilecek arızalar anında tespit edilip giderilmelidir. Aksi halde arızalar büyük boyutlara ulaştığında giderilmeleri hem masraflı olacak hem de tezgâhın imalat dışı kalması sonucu üretimde önemli aksamalar meydana gelecektir.

Arızaların kısa sürede tespitinde hata teşhisi (Fault Diagnosis) yöntemi uygulanır. Bu teşhiste tezgâh kontrol ünitesinin yönelteceği sorulara cevaplar verilir. Operatörün vereceği cevaplara göre arıza kontrol ünitesi tarafından belirlenir.

Genelde CNC tezgâhlarında oluşan arızalar toz, aşırı yağ, rutubet ve ısı gibi basit nedenlerden kaynaklanır. Ayrıca titreşim gibi benzer nedenlerle devre elemanlarının bağlantı yerlerinde gevşemeler olabilir. Bu bağlantıların kontrol edilerek uygun konumda takılmaları çoğu kez yeterlidir.

Konum ölçme sistemlerinin hassas yüzeyleri yağlanmış ya da tozlanmış olabilir. Genellikle bu kısımların temizlenmeleri arızaların giderilmesi için yeterlidir. Bu nedenle mekanik çarpma, kırma, yakma vb. zarar vermeler dışındaki arızalar çok basit olan toz alma ve temizleme işlemleri ile giderilir.

Yukarıda açıklanan nedenlerden dolayı CNC tezgâhlarının bulundukları ortamlarının temizliği son derece önemlidir. Tezgâhın eksen hareket bölgeleri temiz ve yeterince yağlı bulunmalıdır. Gerektiğinde açılıp temizlikleri yapılmalı aksi halde en basit nedenlerle tezgâhın uzun süre hizmet dışı kalması kaçınılmazdır. Günümüzde bakım iki seviyede yapılır:

A- Planlı bakım,

B- Koruyucu bakım

Her iki seviyedeki bakım bu alanda uzman olan teknik elemanlar tarafından yapılmalıdır. Bu kişiler:

- Özellikle elektronik alanında yeterli teknik ve pratik bilgiye,
- Belli bir mesleki tecrübeye,
- Dijital elektronik bilgisine,
- Ölçme ve test cihazlarını kullanma becerisine,
- Mini ve mikro bilgisayarlarla ilgili yeterli teknik bilgilere

sahip olmalıdır.

CNC tezgâhlarında bakım şematik olarak aşağıdaki gibidir.

- **Haftalık bakım:**Bu tür periyodik bakımda kısa test programları çalıştırılır. Tezgâh miline verilecek devir sayısı ve ilerleme hızları minimum ve maksimum değerler arasında girilerek denenir. Bu testlerde elde edilen bulgular not edilir, nedenleri araştırılıp giderilmeye çalışılır. Tezgâh ve çevre ekipmanları üzerinde bulunan bütün fanların yeterli hava sirkülasyonunu sağlayıp sağlamadıkları araştırılır. Delikli kağıt şerit sürücü ve tekerlekleri kontrol edilir. Okuyucu kafa, kanal ve tırnakları düzenler.
- **Aylık bakım:**Aylık periyodik bakımda bir iş parçası programı talaş kaldırmadan çalıştırılarak test edilir ve eksen hareketleri izlenir. Manuel olarak yağlanması gerekli olan yerler yağlanır. Bütün devre bağlantılarının uygun şekilde takılı olup olmadıkları kontrol edilir. Ölçme sistemlerinin muhafazalar çıkarılır, varsa pislik ve yağlar temizlenir.
- **Altı aylık bakım:**Birbirleriyle karşılıklı bağımlılığı olan hız, voltaj ve bunları izleyen hatalar ölçülür. Elde edilen veriler ilk montajda ölçülen değerlerle kıyaslanır. Hava ve yağ filtreleri vb. elemanların kontrolü yapılır, temizlenir ve gerekirse yenisi ile değiştirilir.
- **Yıllık bakım:C**NC sistemlerindeki her bir devre ve devre elemanının mükemmel olup olmadığına bakılır. Kontak noktalarının temizliği gözden geçirilir. Kapılar ve sızdırmazlık elemanları, bağlantı vidalarının sıkılı olup olmadıkları kontrol edilir. Tezgâh konsolu vakumlu temizleyici veya yumuşak fırçalarla temizlenir. Delikli kağıt şerit okuyucusunun çalışma durumu, tezgahın hassasiyet değerleri kontrol edilir. Güç kaynağı (Power Supply) voltaj çıkışının uygun olup olmadığına bakılır. Bir parça programı test edilerek tüm fonksiyonların doğrulukları araştırılır.

CNC takım tezgâhlarında koruyucu bakım

CNC tezgâhlarındaki koruyucu bakım konusunda da en az diğer tür bakımlarda olduğu kadar azami dikkat gösterilmelidir. Çünkü yapılacak olan basit ihmal ve hatalar tezgâhın sağlıklı çalışan elemanlarının hizmet dışı kalmalarına sebep olur.

Koruyucu bakım konusunda uyulması gereken hususlar şunlardır:

- Sağlıklı çalışan parçalar kurcalanıp ayarları değiştirilmemelidir.
- Verilen her türlü sinyal ya da mesajlara kesinlikle uyulur. Bunlar paslanma, bağlantılarda gevşeme, kirlenen kontaklarla ilgili olabilir.
- Gerekli kısımlar dikkatle yağlanır. Asla fazla yağ kullanılmaz. Fazla yağ yağsızlıktan daha zararlıdır.
- Teşhis ve testler talimatlara uygun olmalı.
- Bozuk parçaların tamiri yerine yenisi ile değiştirilmeleri tercih edilmeli.

Koruyucu bakımın üç ana fonksiyonu vardır:

1-Temizleme
2-Yağlama
3-Kontrol

- **CNC takım tezgâhlarındaki başlıca arıza bölgeleri**

CNC takım tezgâhlarında en sık karşılaşılan arızalar ve bulundukları bölgeler şunlardır:

- Takım tezgâhı eksen sürücüleri
- Hidrolik ve pnömatik elemanlar
- Kontrol devreleri
- Ölçme ve transfer sistemleri
- Dijital veri işleyiciler
- Logic bağlantılar
- Giriş / Çıkış (Input / Output) üniteleri

- **CNC takım tezgâhları için ideal çalışma ortamı ve koşulları**

CNC tezgâhlarının sağlıklı çalışabilmeleri için yüksek derecede temizliğe sahip çevre koşullarına ihtiyaç vardır.

Tezgâh imalatçısı firmalar tarafından önerilen ideal çalışma ortamı koşulları şunlardır:

- Tezgâh kontrol üniteleri ısı, ışık, rutubet, vibrasyon ve voltaj değişmelerinden etkilendiği için bu hususlara dikkat edilmeli.
- Çalışma ortamı sıcaklığı ve rutubet oranı tezgâh imalatçısı firmanın tavsiye ettiği değerler arasında olmalı.
- Vibrasyon 0. 5 gram altında olmalı.
- Kabul edilebilir voltaj değişmeleri + %10, - %10 olmalı
- Voltaj düşmeleri maksimum 2, 5 dalga (20 MS) olmalı.

Eğer tezgâhın çalışma ortam koşulları bu standart değerlere uymuyorsa imalatçı firma bakımla ilgili yükümlülükleri yerine getirmeyebilir.

- **Yağlama sistemlerinin bakımı**

CNC tezgâhlarında bakım yapılması gereken sistemlerden bir diğeri yağlama sistemin sağlıklı çalışmasına bağlısıdır.

En sık yapılan bakım işlemi periyodik süreleri dolduğunda yağların değiştirilmesi, eksilen yağların tamamlanması ve filtrelerin temizlenmesi ya da değiştirilmesidir. Tezgâhın kapalı iç sistemleri ile ilgili elemanların yağlama işlemleri otomatik olarak yapılır. Bazı küçük boyutlu eğitim amaçlı CNC tezgâhlarında kayıt kızak sistemlerinin yağlanmaları manuel olarak yapılır.

Yağlamada dikkat edilecek bir nokta da aşırı yağlamadan kaçınmaktır. CNC tezgâhlarında aşırı yağlama yağ israfı ile birlikte özellikle hassas elektronik devre elemanlarının dış yüzeylerini kaplar, sağlıklı çalışmalarını engeller. Bu nedenle eksilen yağların tamamlanmasında kesinlikle seviye çizgileri aşılmamalıdır.

- **Bilyeli mil ve kayıt kızak kısımlarının korunması**

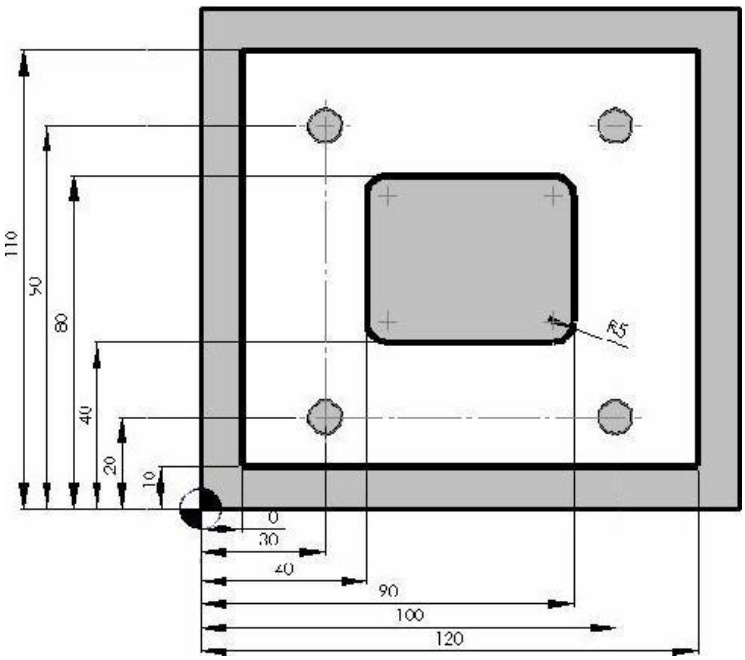
CNC takım tezgâhlarında kullanılan hareket iletme elemanlarından olan bilyeli miller (Ball Screws) ile kayıt kızak sistemleri kapalı muhafazalar içine alınmıştır. Bu muhafazalar vinylex ya da spiral koruyuculardır. Bunlar tablanın hareketlerine göre açılıp kapanabilir özelliklere sahiptir.

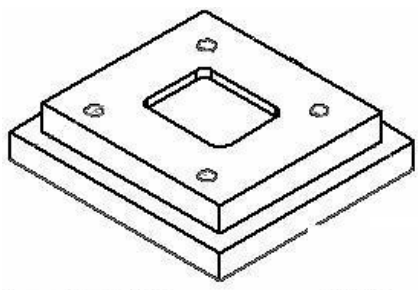
- **Hidrolik ve pnömatik ekipmanların bakımı**

Yukarıda belirtilen elemanlarda olduğu gibi hidrolik ve pnömatik ekipmanların da bakımlarının periyodik aralıklarla yapılması gerekir. Genellikle bu elemanlar basınçlı kuvvet uyguladıkları için sürekli çalışma basınçlarının ideal değerlerde olup olmadığı kontrol edilmeli, varsa arızalar giderilmelidir. Aksi halde tezgâh, operatör ve çevrede çalışanlar için büyük tehlike oluştururlar. Pnömatik tezgâh aynasının iş parçasını yeterince sıkmadığını, kesicilerin emniyetli takılmadıklarını düşünerek sonuçta olabilecek kazaları tahmin ediniz.

UYGULAMA FAALİYETİ

Aşağıda resimleri verilen iş parçasını CNC Freze tezgâhında imal edebilmek için CNC işleme kodlarını çıkarınız.





İşlem Basamakları	Öneriler
➢ Resimde verilen ölçülerde iş parçası kütüğünü hazırlayınız. ➢ İş parçası kütüğünün tezgâh tablasına bağlanma yöntemine karar veriniz. ➢ İş parçası kütüğünü sağlam bir şekilde bağlayınız. ➢ İşleme yöntemlerine karar veriniz. ➢ Kullanacağınız kesici takımları belirleyiniz. ➢ Kesici takımları tutuculara bağlayınız. ➢ İş parçası sıfırını tezgâha kaydediniz. ➢ Takımları magazine sırası ile yerleştiriniz. ➢ Takım offsetlerini ayarlayınız. ➢ Tezgâhlara uygulayacağınız devir sayılarını ve kesme hızlarını belirleyiniz. ➢ CNC programını yazınız.	➢ Kesme yöntemlerini kesici takıma ve işlenecek parçanın malzemesine göre seçebilirsiniz. ➢ Devir sayısı ve ilerlemeyi kesici takıma ve işlenecek parçanın malzemesine göre seçebilirsiniz. ➢ Tezgâh çalışırken tezgâhın kapısı kapalı olmalıdır. Hiçbir şekilde tezgâh çalışırken tezgâhın içine girilmemelidir.

UYGULAMALI TEST

Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (**X**) işareti koyarak kontrol ediniz.

Ölçme Değerlendirme		Evet	Hayır
1.	CNC frezede program yapısını kavradınız mı?		
2.	G kodlarını öğrendiniz mi?		
3.	M kodlarını öğrendiniz mi?		
4.	Takım offset ayarlarını yapmayı öğrendiniz mi?		
5.	Makro programlamanın önemini kavradınız mı?		
6.	Tezgâh üzerinde imalat işlemlerini gerçekleştirdiniz mi?		
7.	Tezgâh bakımlarının önemini kavradınız mı?		
8.	Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
9.	Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Değerlendirme sonunda **"Hayır"** şeklindeki cevaplarınızı bir daha gözden geçiriniz. Kendinizi yeterli görmüyorsanız öğrenme faaliyetini tekrar ediniz. Bütün cevaplarınız **"Evet"** ise "Ölçme ve Değerlendirme"ye geçiniz.

ÖLÇME VE DEĞERLENDİRME

Bu faaliyet sonunda kazandıklarınızı aşağıdaki soruları cevaplandırarak ölçünüz.

Aşağıdaki soruları dikkatlice okuyarak doğru seçeneği işaretleyiniz.

1. Tezgahı çalıştırmak için CNC üniteye verilen komutlara …… denir. Cümlede boş bırakılan yer aşağıdakilerden hangisi yerleştirilmelidir?
   A) Blok
   B) Kelime
   C) Satır
   D) Program

2. ISO Kod sistemine dayanan bir program aşağıdakilerden hangisinden oluşmaz?
   A) Programın adını temsil eden program numarası
   B) Sözcükleri oluşturan takım simgesi harflerden
   C) Programı oluşturan ve satır şeklinde yazılan bloklar
   D) Blokları oluşturan sözcüklerden

3. Her satır sonuna noktalı virgül işareti anlamı aşağıdakilerden hangisidir?
   A) Satırın bittiğini gösterir
   B) Satırın başladığını gösterir
   C) Satırın devam ettiğini gösterir
   D) Satırın işlenmeyeceğini gösterir

4. Aşağıdakilerden hangisi iş parçası sıfır noktasını ifade eder?
   A) G21
   B) G90
   C) G54
   D) G00

5. Aşağıdakilerden hangisi metrik ölçü sistemini ifade eder?
   A) G21
   B) G90
   C) G54
   D) G00

6. Aşağıdakilerden hangisi mutlak koordinat sistemini ifade eder?
   A) G21
   B) G90
   C) G54
   D) G00

7. Aşağıdakilerden hangisi iş milinin saat yönünde dönmesini ifade eder?
   A) M30
   B) M6
   C) M04
   D) M03

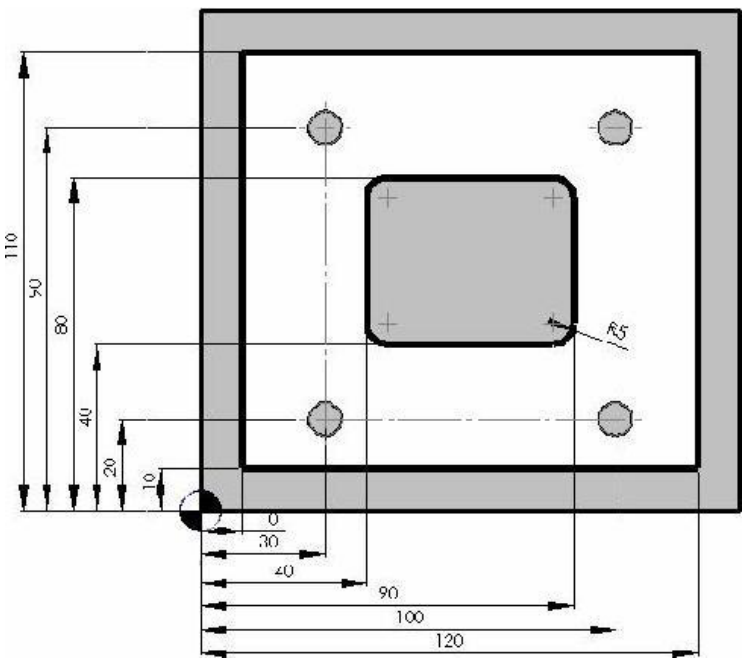
8. Aşağıdakilerden hangisi program sonunu ifade eder?
   A) M30
   B) M06
   C) M04
   D) M03
9. Aşağıdakilerden takım değiştirmeyi ifade eder?
   A) M30
   B) M06
   C) M04
   D) M03
10. Aşağıdakilerden hangisi iş milinin saat yönünde ilerlemeyi ifade eder?
   A) G02
   B) G03
   C) G71
   D) G55

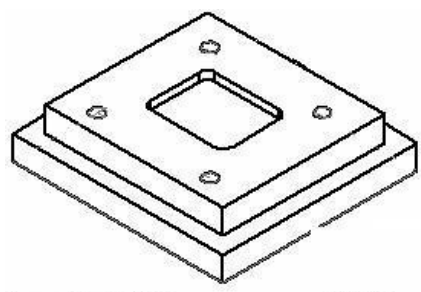
DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise "Modül Değerlendirme"ye geçiniz.

MODÜL DEĞERLENDİRME

Aşağıda ölçüsü verilen iş parçasını CNC freze tezgâhında imal ediniz.





Bu faaliyet kapsamında aşağıda listelenen davranışlardan kazandığınız beceriler için **Evet,** kazanamadıklarınız için **Hayır** kutucuklarına (**X**) işareti koyarak kontrol ediniz.

Ölçme Değerlendirme	Evet	Hayır
CNC freze tezgâhını tanıdınız mı?		
CNC frezede kullanılan kontrol üniteleri hakkında bilgi sahibi oldunuz mu?		
Koordinat sistemlerine göre CNC freze tezgâhını programlayabildiniz mi?		
CNC freze tezgâhında kullanılan sıfır noktalarını öğrendiniz mi?		
G ve M kodlarını kullanarak CNC programı yaptınız mı?		
İş parçası kütüğünü ölçülere uygun olarak hazırladınız mı?		
İş parçasını işleyebilmek için uygun takımları seçtiniz mi?		
İş parçasını tezgâha uygun bağlama yöntemlerini kullanarak bağladınız mı?		
Ölçülere uygun olarak iş parçasını CNC freze tezgâhında üretebildiniz mi?		
Teknolojik kurallara uygun bir çalışma gerçekleştirdiniz mi?		
Süreyi iyi kullandınız mı?		

DEĞERLENDİRME

Cevaplarınızı cevap anahtarıyla karşılaştırınız. Yanlış cevap verdiğiniz ya da cevap verirken tereddüt ettiğiniz sorularla ilgili konuları faaliyete geri dönerek tekrarlayınız. Cevaplarınızın tümü doğru ise bir sonraki modüle geçmek için öğretmeninize başvurunuz.

CEVAP ANAHTARLARI

ÖĞRENME FAALİYETİ–1'İN CEVAP ANAHTARI

1	**C**
2	**A**
3	**A**
4	**B**
5	**D**
6	**C**
7	**A**
8	**D**

ÖĞRENME FAALİYETİ–2'NİN CEVAP ANAHTARI

1	**D**
2	**B**
3	**A**
4	**C**
5	**A**
6	**B**
7	**D**
8	**A**
9	**B**
10	**A**

KAYNAKLAR

- http://www.semih71.com/k64-cnc-freze-tezgâhlardatezgh-koordinat-sistemi-ve-programlama.html, 22.08.2012
- IX. Mühendislik Sempozyumu, **Makine Mühendisliği Bildirileri Kitabı**, Ankara, 1996.
- AKKURT Mustafa , **Bilgisayar Destekli Takım Tezgâhları**, Ankara, 1996.